

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

**EP 1 170 804 A2**

(12)

## EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:  
09.01.2002 Patentblatt 2002/02

(51) Int Cl.7: **H01L 29/94, H01L 21/02**

(21) Anmeldenummer: 01115516.5

(22) Anmeldetag: 27.06.2001

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU  
MC NL PT SE TR**  
Benannte Erstreckungsstaaten:  
**AL LT LV MK RO SI**

(72) Erfinder:  
• **Seldl, Harald**  
01099 Dresden (DE)  
• **Gutsche, Martin, Dr.**  
84405 Dorfen (DE)

(30) Priorität: 07.07.2000 DE 10034003

(74) Vertreter: **Reinhard - Skuhra - Weise & Partner**  
Postfach 44 01 51  
80750 München (DE)

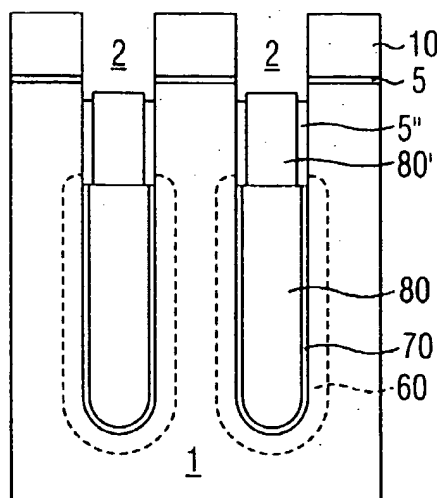
(71) Anmelder: **Infineon Technologies AG**  
81669 München (DE)

### (54) Grabenkondensator mit Isolationskragen und entsprechendes Herstellungsverfahren

(57) Die vorliegende Erfindung schafft einen Grabenkondensator, insbesondere zur Verwendung in einer Halbleiter-Speicherzelle, mit einem Graben (2), der in einem Halbleitersubstrat (1) gebildet ist; einer im Graben (2) befindlichen ersten und zweiten leitenden Kondensatorplatte (60, 80; 60, 100; 100", 100"); einer zwischen der ersten und zweiten Kondensatorplatte (60, 80; 60, 100; 100", 100") befindlichen dielektrischen

Schicht (70) als Kondensatordielektrikum; einem Isolationskragen (5") im oberen Bereich des Grabens (2); und einem optionellen in den Graben (2) gefüllten leitenden Füllmaterial (80, 80'). Die dielektrische Schicht (70) ist durch ein ALD- bzw. ALCVD-Verfahren oder ein CVD-Verfahren aufgebracht worden. Die Erfindung schafft ebenfalls ein entsprechendes Herstellungsverfahren.

**FIG 1n**



**EP 1 170 804 A2**

## Beschreibung

**[0001]** Die vorliegende Erfindung betrifft einen Grabenkondensator, insbesondere zur Verwendung in einer Halbleiter-Speicherzelle, mit einem Graben, der in einem Halbleitersubstrat gebildet ist; einer im Graben befindlichen ersten und zweiten leitenden Kondensatorplatte; einer zwischen der ersten und zweiten Kondensatorplatte befindlichen dielektrischen Schicht als Kondensatordielektrikum; einem Isolationskragen im oberen Bereich des Grabens; und einem in den Graben gefüllten leitenden Füllmaterial und ein entsprechendes Herstellungsverfahren.

**[0002]** Obwohl auf beliebige Grabenkondensatoren anwendbar, werden die vorliegende Erfindung und die ihr zugrundeliegende Problematik nachstehend in bezug auf einen in einer DRAM-Speicherzelle verwendeten Grabenkondensator erläutert. Solche Speicherzellen werden in integrierten Schaltungen (ICs), wie beispielsweise Speichern mit wahlfreiem Zugriff (RAMs), dynamischen RAMs (DRAMs), synchronen DRAMs (SDRAMs), statischen RAMs (SRAMs) und Nur-Lese-Speichern (ROMs) verwendet. Andere integrierte Schaltungen enthalten Logikvorrichtungen, wie z.B. programmierbare Logikarrays (PLAs), anwenderspezifische ICs (ASICs), Mischlogik/ Speicher-ICs (eingebettete DRAMs) oder sonstige Schaltungsvorrichtungen. Üblicherweise wird eine Vielzahl von ICs auf einem Halbleitersubstrat, wie z.B. einem Siliziumwafer, parallel hergestellt. Nach der Verarbeitung wird der Wafer zerteilt, um die ICs in eine Vielzahl individueller Chips zu separieren. Die Chips werden dann in Endprodukte verpackt, beispielsweise zur Verwendung in Verbraucherprodukten, wie z.B. Computersystemen, zellulären Telefonen, persönlichen digitalen Assistenten (PDAs) und weiteren Produkten. Zu Diskussionszwecken wird die Erfindung hinsichtlich der Bildung einer einzelnen Speicherzelle beschrieben.

**[0003]** Integrierte Schaltungen (ICs) oder Chips verwenden Kondensatoren zum Zwecke der Ladungsspeicherung. Ein Beispiel eines IC, welcher Kondensatoren zum Speichern von Ladungen verwendet, ist ein Speicher-IC, wie z.B. ein Chip für einen dynamischen Schreib-/Lesespeicher mit wahlfreiem Zugriff (DRAM). Der Ladungszustand ("0" oder "1") in dem Kondensator repräsentiert dabei ein Datenbit.

**[0004]** Ein DRAM-Chip enthält eine Matrix von Speicherzellen, welche in Form von Zeilen und Spalten verschaltet sind. Üblicherweise werden die Zeilenverbindungen als Wortleitungen und die Spaltenverbindungen als Bitleitungen bezeichnet. Das Auslesen von Daten von den Speicherzellen oder das Schreiben von Daten in die Speicherzellen wird durch die Aktivierung geeigneter Wortleitungen und Bitleitungen bewerkstelligt.

**[0005]** Üblicherweise enthält eine DRAM-Speicherzelle einen mit einem Kondensator verbundenen Transistor. Der Transistor enthält zwei Diffusionsbereiche, welche durch einen Kanal getrennt sind, oberhalb dessen ein Gate angeordnet ist. Abhängig von der Richtung des Stromflusses bezeichnet man den einen Diffusionsbereich als Drain und den anderen als Source. Die Bezeichnungen "Drain" und "Source" werden hier hinsichtlich der Diffusionsbereiche gegenseitig austauschbar verwendet. Die Gates sind mit einer Wortleitung verbunden, und einer der Diffusionsbereiche ist mit einer Bitleitung verbunden. Der andere Diffusionsbereich ist mit dem Kondensator verbunden. Das Anlegen einer geeigneten Spannung an das Gate schaltet den Transistor ein, ermöglicht einen Stromfluß zwischen den Diffusionsbereichen durch den Kanal, um so eine Verbindung zwischen dem Kondensator und der Bitleitung zu bilden. Das Ausschalten des Transistors trennt diese Verbindung, indem der Stromfluß durch den Kanal unterbrochen wird.

**[0006]** Die in dem Kondensator gespeicherte Ladung baut sich mit der Zeit aufgrund eines inhärenten Leckstroms ab. Bevor sich die Ladung auf einen unbestimmten Pegel (unterhalb eines Schwellwerts) abgebaut hat, muß der Speicherkondensator aufgefrischt werden.

**[0007]** Das fortlaufende Bestreben nach Verkleinerung der Speichervorrichtungen fördert den Entwurf von DRAMs mit größerer Dichte und kleinerer charakteristischer Größe, d.h. kleinerer Speicherzellenfläche. Zur Herstellung von Speicherzellen, welche einen geringeren Oberflächenbereich besetzen, werden kleinere Komponenten, beispielsweise Kondensatoren, verwendet. Jedoch resultiert die Verwendung kleinerer Kondensatoren in einer erniedrigten Speicherkapazität, was wiederum die Funktionstüchtigkeit und Verwendbarkeit der Speichervorrichtung widrig beeinflussen kann. Beispielsweise erfordern Leseverstärker einen ausreichenden Signalpegel zum zuverlässigen Auslesen der Information in den Speicherzellen. Das Verhältnis der Speicherkapazität zur Bitleitungskapazität ist entscheidend bei der Bestimmung des Signalpegels. Falls die Speicherkapazität zu gering wird, kann dieses Verhältnis zu klein zur Erzeugung eines hinreichenden Signals sein. Ebenfalls erfordert eine geringere Speicherkapazität eine höhere Auffrischfrequenz.

**[0008]** Ein Kondensatortyp, welcher üblicherweise in DRAMs verwendet wird, ist ein Grabenkondensator. Ein Grabenkondensator hat eine dreidimensionale Struktur, welche in dem Siliziumsubstrat ausgebildet ist. Eine Erhöhung des Volumens bzw. der Kapazität des Grabenkondensators kann durch tieferes Ätzen in das Substrat erreicht werden. In diesem Fall bewirkt die Steigerung der Kapazität des Grabenkondensators keine Vergrößerung der von der Speicherzelle belegten Oberfläche.

**[0009]** Ein üblicher Grabenkondensator enthält einen in das Substrat geätzten Graben. Dieser Graben wird typischerweise mit p<sup>+</sup>-oder n<sup>+</sup>-dotiertem Polysilizium gefüllt, welches als eine Kondensatorelektrode dient (auch als Speicherkondensator bezeichnet). Die zweite Kondensatorelektrode ist das Substrat oder eine "vergrabene Platte". Ein Kondensatordielektrikum, welches z.B. Nitrid enthält, wird üblicherweise zur Isolation der zwei Kondensatorelektroden

verwendet.

**[0010]** In dem oberen Bereich des Grabens wird ein dielektrischer Kragen (vorzugsweise ein Oxidbereich) erzeugt, um einen Leckstrom zu verhindern bzw. den oberen Teil des Kondensators zu isolieren.

**[0011]** Das Kondensatordielektrum wird in dem oberen Bereich des Grabens, wo der Kragen zu bilden ist, üblicherweise vor dessen Bildung entfernt, da dieser obere Teil des Kondensatordielektrikums für nachfolgende

Prozeßschritte hinderlich ist.

**[0012]** Um die Speicherdichte für zukünftige Speichertechnologie - Generationen weiter zu erhöhen, wird die Strukturgröße von Generation zu Generation verkleinert. Die immer kleiner werdende Kondensatorfläche und die dadurch bedingte kleiner werdende Kondensatorkapazität führt zu Problemen. Deshalb ist es eine wichtige Aufgabe, die Kondensatorkapazität trotz kleinerer Strukturgröße mindestens konstant zu halten. Dies kann unter anderem durch eine

Erhöhung der Flächenladungsdichte des Speicherkondensators erreicht werden.

**[0013]** Bisher wurde dieses Problem einerseits durch eine Vergrößerung der zur Verfügung stehenden Kondensatorfläche bei vorgegebener Strukturgröße gelöst, beispielsweise durch eine Aufweitung des Trenches ("Wet Bottle") unterhalb des Kragens bzw. Collars oder durch eine Aufrauung der Oberfläche im Graben. Andererseits wurde bisher die Flächenladungsdichte durch eine Verringerung der Dicke des Dielektrikums erhöht. Dabei wurden bisher als Dielektrika für Trenchkondensatoren ausschließlich verschiedene Kombinationen von  $\text{SiO}_2$  (Siliziumdioxid) und  $\text{Si}_3\text{N}_4$  (Siliziumnitrid) in Verbindung mit dotierten Siliziumelektroden verwendet. Eine weitere Verringerung der Dicke dieser Materialien ist aufgrund der dadurch auftretenden hohen Leckströme nicht möglich.

**[0014]** Daher ist es Aufgabe der vorliegenden Erfindung, einen verbesserten Grabenkondensator mit einem Isolationskragen zu schaffen, welcher eine erhöhte Flächenladungsdichte aufweist und ohne das Risiko erhöhter Leckströme herstellbar ist.

**[0015]** Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe durch den in Anspruch 1, 3 und 5 angegebenen Grabenkondensator mit einem Isolationskragen gelöst. Weiterhin wird diese Aufgabe durch das in Anspruch 14 angegebene Verfahren gelöst.

**[0016]** Bevorzugte Weiterbildungen sind Gegenstand der jeweiligen Unteransprüche.

**[0017]** Die erfindungsgemäße Vorgehensweise gemäß Anspruch 1 bzw. 14 weist gegenüber den bekannten Lösungsansätzen den Vorteil auf, daß die Flächenladungsdichte durch die Verwendung spezieller Dielektrika und/oder Elektroden im Grabenkondensator mit im Vergleich zu den bisher verwendeten Dielektrika höheren Dielektrizitätskonstanten vergrößerbar ist, ohne dabei die Leckströme zu erhöhen.

**[0018]** Die speziellen Dielektrika können unter anderem mit dem sogenannten Atomic Layer Deposition (ALD- bzw. ALCVD-Verfahren) ohne Probleme in Strukturen mit sehr hohen Aspektverhältnissen mit sehr guter Kantenbedeckung abgeschieden werden. Insbesondere können diese Dielektrika deshalb sehr gut mit Verfahren zur Oberflächenvergrößerung, zum Beispiel Wet Bottle, Aufrauung der Oberfläche im Graben etc., kombiniert werden.

**[0019]** Die erfindungsgemäße Vorgehensweise gemäß Anspruch 3 oder 5 bzw. 15 oder 17 weist gegenüber den bekannten Lösungsansätzen den Vorteil auf, daß durch die Verwendung von Metallelektroden die parasitäre Kapazität der Raumladungszone eliminierbar ist.

**[0020]** Gemäß einer bevorzugten Weiterbildung ist die erste Kondensatorplatte ein Bereich erhöhter Dotierung im Halbleitersubstrat im unteren Bereich des Grabens, und die zweite Kondensatorplatte ist das leitende Füllmaterial.

**[0021]** Gemäß einer weiteren bevorzugten Weiterbildung wird im oberen Bereich des Grabens eine zweite Metallelektroden-schicht vorgesehen, welche mit der ersten Metallelektroden-schicht in elektrischer Verbindung steht.

**[0022]** Gemäß einer weiteren bevorzugten Weiterbildung wird im oberen Bereich des Grabens eine zweite Metallelektroden-schicht vorgesehen, welche mit der vierten Metallelektroden-schicht in elektrischer Verbindung steht.

**[0023]** Gemäß einer weiteren bevorzugten Weiterbildung werden die dielektrische Schicht und die vierte Metallelektroden-schicht in den Bereich des Isolationskragens geführt.

**[0024]** Gemäß einer weiteren bevorzugten Weiterbildung wird die dritte Metallelektroden-schicht in den Bereich des Isolationskragens geführt.

**[0025]** Gemäß einer weiteren bevorzugten Weiterbildung werden die erste und/ oder zweite und/ oder dritte und/ oder vierte Metallelektroden-schicht und/ oder die dielektrische Schicht durch ein ALD- bzw. ALCVD-Verfahren und/ oder ein CVD-Verfahren aufgebracht.

**[0026]** Gemäß einer weiteren bevorzugten Weiterbildung weist die erste und/ oder zweite und/ oder dritte und/ oder vierte Metallelektroden-schicht mindestens eines der folgenden Materialien auf:  $\text{TiN}$ ,  $\text{WN}$ ,  $\text{TaN}$ ,  $\text{HfN}$ ,  $\text{ZrN}$ ,  $\text{Ti}$ ,  $\text{W}$ ,  $\text{Ta}$ ,  $\text{Si}$ ,  $\text{TaSiN}$ ,  $\text{WSiN}$ ,  $\text{TiAlN}$ ,  $\text{WSi}$ ,  $\text{MoSi}$ ,  $\text{CoSi}$  oder ähnliche Materialien.

**[0027]** Gemäß einer weiteren bevorzugten Weiterbildung weist der Graben einen unteren aufgeweiteten Bereich auf.

**[0028]** Gemäß einer weiteren bevorzugten Weiterbildung weist die dielektrische Schicht mindestens eines der folgenden Materialien auf:  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Ta}_2\text{O}_5$ ,  $\text{ZrO}_2$ ,  $\text{HfO}_2$ ,  $\text{Y}_2\text{O}_3$ ,  $\text{La}_2\text{O}_3$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{Al-Ta-O}$ ,  $\text{Al-Zr-O}$ ,  $\text{Al-Hf-O}$ ,  $\text{Al-La-O}$ ,  $\text{Al-Ti-O}$ ,  $\text{Zr-Y-O}$ ,  $\text{Zr-Si-O}$ ,  $\text{Hf-Si-O}$ ,  $\text{Si-O-N}$ ,  $\text{Ta-O-N}$ ,  $\text{Gd}_2\text{O}_3$ ,  $\text{SnO}_3$ ,  $\text{La-Si-O}$ ,  $\text{Ti-Si-O}$ ,  $\text{LaAlO}_3$ ,  $\text{ZrTiO}_4$ ,  $(\text{Zr,Sn})\text{TiO}_4$ ,  $\text{SrZrO}_4$ ,  $\text{LaAlO}_4$ ,  $\text{BaZrO}_3$  oder ähnliche Materialien.

**[0029]** Gemäß einer weiteren bevorzugten Weiterbildung ist das leitende Füllmaterial aus einer ersten leitenden

Füllschicht im unteren Grabenbereich und einer zweiten leitenden Füllschicht im oberen Grabenbereich zusammengesetzt.

**[0030]** Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung sind in den Zeichnungen dargestellt und werden in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert.

In den Figuren zeigen:

**[0031]**

Fig. 1a-n die zum Verständnis der Erfindung wesentlichen Verfahrensschritte zur Herstellung eines ersten Ausführungsbeispiels des erfindungsgemäßen Grabenkondensators;

Fig. 2a-m die zum Verständnis der Erfindung wesentlichen Verfahrensschritte zur Herstellung eines zweiten Ausführungsbeispiels des erfindungsgemäßen Grabenkondensators;

Fig. 3a-h die zum Verständnis der Erfindung wesentlichen Verfahrensschritte zur Herstellung eines dritten Ausführungsbeispiels des erfindungsgemäßen Grabenkondensators;

Fig. 4a-d die zum Verständnis der Erfindung wesentlichen Verfahrensschritte zur Herstellung eines vierten Ausführungsbeispiels des erfindungsgemäßen Grabenkondensators;

Fig. 5a-e die zum Verständnis der Erfindung wesentlichen Verfahrensschritte zur Herstellung eines fünften Ausführungsbeispiels des erfindungsgemäßen Grabenkondensators;

Fig. 6a-h die zum Verständnis der Erfindung wesentlichen Verfahrensschritte zur Herstellung eines sechsten Ausführungsbeispiels des erfindungsgemäßen Grabenkondensators;

Fig. 7a-d die zum Verständnis der Erfindung wesentlichen Verfahrensschritte zur Herstellung eines siebenten Ausführungsbeispiels des erfindungsgemäßen Grabenkondensators;

Fig. 8a-g die zum Verständnis der Erfindung wesentlichen Verfahrensschritte zur Herstellung eines achten Ausführungsbeispiels des erfindungsgemäßen Grabenkondensators;

Fig. 9a-h die zum Verständnis der Erfindung wesentlichen Verfahrensschritte zur Herstellung eines neunten Ausführungsbeispiels des erfindungsgemäßen Grabenkondensators; und

Fig. 10a-g die zum Verständnis der Erfindung wesentlichen Verfahrensschritte zur Herstellung eines zehnten Ausführungsbeispiels des erfindungsgemäßen Grabenkondensators.

**[0032]** In den Figuren bezeichnen gleiche Bezugszeichen gleiche oder funktionsgleiche Bestandteile.

**[0033]** Fig. 1a-n zeigen die zum Verständnis der Erfindung wesentlichen Verfahrensschritte zur Herstellung eines ersten Ausführungsbeispiels des erfindungsgemäßen Grabenkondensators.

**[0034]** Bei der vorliegenden ersten Ausführungsform werden zunächst auf einem Siliziumsubstrat 1 eine Padoxidschicht 5 und eine Padnitridschicht 10 abgeschieden, wie in Figur 1a gezeigt. Dann wird eine weitere (nicht dargestellte) Padoxidschicht abgeschieden und diese Schichten werden dann mittels einer ebenfalls nicht gezeigten Photolackmaske und einem entsprechenden Ätzverfahren zu einer sogenannten Hartmaske strukturiert. Unter Verwendung dieser Hartmaske werden Gräben 2 mit einer typischen Tiefe von circa 1-10 µm in das Siliziumsubstrat 1 geätzt. Danach wird die oberste Padoxidschicht entfernt, um zum in Fig. 1a dargestellten Zustand zu gelangen.

**[0035]** In einem folgenden Prozessschritt wird, wie in Figur 1b gezeigt, Arsensilikatglas (ASG) 20 auf der resultierenden Struktur abgeschieden, so daß das ASG 20 insbesondere die Gräben 2 vollständig auskleidet.

**[0036]** In einem weiteren Prozessschritt erfolgt, wie in Figur 1c gezeigt, ein Auffüllen der resultierenden Struktur mit Photolack 30. Gemäß Figur 1d erfolgt danach ein Lack-Recess, bzw. eine Lackentfernung im oberen Bereich der Gräben 2. Dies geschieht zweckmäßigerweise durch isotropes trockenchemisches Ätzen.

**[0037]** In einem weiteren Prozessschritt gemäß Figur 1e erfolgt ein ebenfalls isotropes Ätzen des ASG 20 im unmaskierten, lackfreien Bereich, und zwar vorzugsweise in einem nasschemischen Ätzprozess. Daraufhin wird der Lack 30 in einem plasmagestützten und/oder nasschemischen Prozess entfernt.

**[0038]** Wie in Figur 1f gezeigt, wird danach ein Deckoxid 5' auf der resultierenden Struktur abgeschieden.

**[0039]** In einem weiteren Prozessschritt gemäß Fig. 1g erfolgt eine Ausdiffusion des Arsen aus dem übrig gebliebe-

nen ASG 20 in das umliegende Siliziumsubstrat 1 in einem Temperschritt zur Bildung der vergrabenen Platte bzw. Buried Plate 60, welche eine erste Kondensatorelektrode bildet. Daran anschließend werden das Deckoxid 5' und das übrige ASG 20 zweckmäßigerweise nasschemisch entfernt.

[0040] Gemäß Figur 1h wird dann ein spezielles Dielektrikum 70 mit hoher Dielektrizitätskonstante mittels des ALD- bzw. ALCVD-Verfahrens (Atomic Layer Deposition) auf die resultierende Struktur abgeschieden. Alternativweise kann die Abscheidung durch Atomic Layer Chemical Vapor Deposition (ALCVD) oder andere geeignete CVD-Verfahren geschehen. Als Materialien für das Dielektrikum 60 mit hoher Dielektrizitätskonstante kommen insbesondere in Betracht:  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Ta}_2\text{O}_5$ ,  $\text{ZrO}_2$ ,  $\text{HfO}_2$ ,  $\text{Y}_2\text{O}_3$ ,  $\text{La}_2\text{O}_3$ ,  $\text{TiO}_2$ ; Al-Ta-O, Al-Zr-O, Al-Hf-O, Al-La-O, Al-Ti-O, Zr-Y-O, Zr-Si-O, Hf-Si-O, Si-O-N, Ta-O-N und ähnliche Materialien. Diese Abscheidung kann aufgrund des ALD- bzw. ALCVD- bzw. CVD-Verfahrens mit sehr guter Gleichmäßigkeit und Konformalität durchgeführt werden.

[0041] In einem weiteren Prozessschritt wird gemäß Figur 1i als zweite Kondensatorplatte Arsen-dotiertes polykristallines Silizium 80 auf der resultierenden Struktur abgeschieden, so daß es die Gräben 2 vollständig ausfüllt. Alternativmaßen könnte auch Poly-Silizium-Germanium zur Auffüllung verwendet werden.

[0042] In einem darauffolgenden Prozessschritt gemäß Fig. 1j wird das dotierte Polysilizium 80, bzw. das Poly-Silizium-Germanium bis zur Oberseite der Buried Plate 60 zurückgeätzt.

[0043] Zur Erreichung des in Figur 1k dargestellten Zustands erfolgt dann ein isotropes Ätzen des Dielektrikums 70 mit hoher Dielektrizitätskonstante im oberem freigelegten Bereich der Gräben 2, und zwar entweder mit einem nasschemischen oder einem trockenchemischen Ätzverfahren.

[0044] In einem darauffolgenden Prozessschritt gemäß Fig. 1l wird ein Kragenoxid 5'' im oberen Bereich der Gräben 2 gebildet. Dies geschieht durch eine ganzflächige Oxidabscheidung und ein darauffolgendes anisotropes Ätzen des Oxids, so daß das Kragenoxid 5'' an den Seitenwänden im oberen Grabenbereich stehenbleibt.

[0045] Wie in Figur 1m illustriert, wird in einem darauffolgenden Prozessschritt erneut mit Arsen dotiertes Polysilizium 80' abgeschieden und zurückgeätzt.

[0046] Gemäß Figur 1n folgt schließlich eine nasschemische Entfernung des Kragenoxids 5'' im oberen Grabenbereich.

[0047] Damit ist die Ausbildung des Grabenkondensators im Wesentlichen beendet. Das Bilden der Kondensatoranschlüsse sowie die Herstellung und Verbindung mit dem zugehörigen Auswahltransistor sind im Stand der Technik wohl bekannt und benötigen zur Erläuterung der vorliegenden Erfindung keiner weiteren Erwähnung.

[0048] Fig. 2a-m zeigen die zum Verständnis der Erfindung wesentlichen Verfahrensschritte zur Herstellung eines zweiten Ausführungsbeispiels des erfindungsgemäßen Grabenkondensators.

[0049] Bei der obigen ersten Ausführungsform wurde der Kragen nach Abscheidung des Dielektrikums 70 mit hoher Dielektrizitätskonstante gebildet. Bei der nunmehr beschriebenen zweiten Ausführungsform erfolgt die Bildung des Kragens vor dem Abscheiden des Dielektrikums 70 mit hoher Dielektrizitätskonstante.

[0050] Insbesondere entsprechen die Prozessschritte gemäß Figur 2a und 2b den Prozessschritten, welche bereits mit Bezug auf Figur 1a und 1b erläutert wurden.

[0051] Wie in Figur 2c dargestellt, erfolgt nach der Abscheidung der ASG-Schicht 20 ein Auffüllen der resultierenden Struktur mit undotiertem polykristallinem Silizium 90, welches danach zur Erreichung des in Figur 2d gezeigten Zustandes im oberen Bereich des Grabens durch isotropes trockenchemisches Ätzen entfernt wird.

[0052] In einem weiteren Prozessschritt wird das ASG 20 im oberen freigelegten Grabenbereich durch einen nasschemischen isotropen Ätzschritt entfernt, wie in Fig. 2e gezeigt. Es folgt die ganzflächige Abscheidung des Kragenoxids 5'', wie in Figur 2f gezeigt.

[0053] Im nächsten Prozessschritt gemäß Fig. 2g wird Arsen aus dem ASG 20 in den umliegenden Bereich des Siliziumsubstrats 1 ausdiffundiert, um die Buried Plate 60 zu bilden.

[0054] Es folgt ein anisotropes Ätzen des Kragenoxids 5'', um dies von der Oberfläche der resultierenden Struktur zu entfernen, so daß es nur noch an den Seitenwänden im oberen Bereich der Gräben 2 zurückbleibt. Danach wird das Polysilizium 90 durch isotropes Ätzen entfernt, und in einem weiteren Schritt das ASG 20 ebenfalls durch einen isotropen nasschemischen Ätzprozess entfernt. Dies führt zum in Figur 2h gezeigten Zustand.

[0055] In einem weiteren Prozessschritt erfolgt nunmehr die Bildung eines aufgeweiteten unteren Grabenbereichs 3 durch einen im Stand der Technik bekannten Ätzprozess, bzw. Wet Bottle Ätzprozess, was zu der in Figur 2i gezeigten Struktur führt.

[0056] Im nächsten Prozessschritt gemäß Fig. 2j erfolgt die Abscheidung des Dielektrikums 70 mit hoher Dielektrizitätskonstanten mittels des in Zusammenhang mit der ersten Ausführungsform bereits erwähnten ALD- bzw. ALCVD-Verfahrens bzw. CVD-Verfahrens. Die dazu besonders geeigneten Materialien mit hoher Dielektrizitätskonstante wurden ebenfalls bereits im Zusammenhang mit der ersten Ausführungsform erwähnt.

[0057] Wie aus Figur 2j ersichtlich, ist aufgrund der Besonderheit des verwendeten Abscheideverfahrens die Abdeckung der Struktur mit dem Dielektrikum 70 mit hoher Dielektrizitätskonstanten sehr gleichmäßig, was dafür sorgt, dass keine ungewollten Leckströme an kritischen Stellen, wie zum Beispiel Kanten oder stärkeren Krümmungen auftreten.

**[0058]** Im nächsten Prozessschritt erfolgt eine Abscheidung von Arsen-dotiertem Polysilizium 80 bzw. Poly-Silizium-Germanium, was zur in Figur 2k gezeigten Struktur führt.

**[0059]** Durch ein Zurückätzen des Polysiliziums bzw. Poly-Silizium-Germaniums wird die in Figur 2l dargestellte Struktur erhalten.

**[0060]** Schließlich erfolgt ein nasschemisches isotropes Ätzen des Dielektrikums 70 mit hoher Dielektrizitätskonstante und des Kragenoxids 5" im oberen Bereich der Gräben 2, um die in Figur 2m dargestellte Struktur zu erhalten.

**[0061]** Fig. 3a-h zeigen die zum Verständnis der Erfindung wesentlichen Verfahrensschritte zur Herstellung eines dritten Ausführungsbeispiels des erfindungsgemäßen Grabenkondensators.

**[0062]** Bei dieser dritten Ausführungsform der Erfindung entspricht der in Figur 3a gezeigte Zustand dem in Figur 1g gezeigten Zustand, dessen Vorgeschichte bereits ausführlich erläutert wurde.

**[0063]** Gemäß Figur 3b wird dann das spezielle Dielektrikum 70 mit hoher Dielektrizitätskonstante mittels des ALD- bzw. ALCVD-Verfahrens auf die resultierende Struktur abgeschieden, wie im einzelnen in Zusammenhang mit Figur 1h erläutert.

**[0064]** Im Unterschied zur ersten Ausführungsform erfolgt daran anschließend die Abscheidung eines Metallelektrodenfilms 100 mittels des ALD- bzw. ALCVD-Verfahrens bzw. eines anderen geeigneten CVD-Verfahrens.

**[0065]** Als Materialien für die Metallelektrode 100 kommen insbesondere in Betracht: TiN, WN, TaN, HfN, ZrN, Ti, W, Ta, Si, TaSiN, WSiN, TiAlN, WSi, MoSi, CoSi und allgemein Metall-Silizium-Nitride oder ähnliche Materialien.

**[0066]** In einem weiteren Prozessschritt wird gemäß Figur 3c Arsen-dotiertes polykristallines Silizium 80 auf der resultierenden Struktur abgeschieden, so daß es die Gräben 2 vollständig ausfüllt. Alternativermaßen könnte auch Poly-Silizium-Germanium zur Auffüllung verwendet werden.

**[0067]** In einem darauffolgenden Prozessschritt gemäß Fig. 3d wird das dotierte Polysilizium 80 bzw. das Poly-Silizium-Germanium bis zur Oberseite der Buried Plate 60 zurückgeätzt.

**[0068]** Zur Erreichung des in Figur 3e dargestellten Zustands erfolgt dann ein isotropes Ätzen des Dielektrikums 70 mit hoher Dielektrizitätskonstante und der Metallelektrode 100 im oberem freigelegten Bereich der Gräben 2, und zwar entweder mit einem nasschemischen und/ oder einem trockenchemischen Ätzverfahren.

**[0069]** In einem darauffolgenden Prozessschritt gemäß Fig. 3f wird ein Kragenoxid 5" im oberen Bereich der Gräben 2 gebildet. Dies geschieht durch eine ganzflächige Oxidabscheidung und ein darauffolgendes anisotropes Ätzen des Oxids, so daß das Kragenoxid 5" an den Seitenwänden im oberen Grabenbereich stehenbleibt.

**[0070]** Wie in Figur 3g illustriert, wird in einem darauffolgenden Prozessschritt erneut mit Arsen dotiertes Polysilizium 80' abgeschieden und zurückgeätzt.

**[0071]** Gemäß Figur 3h folgt schließlich eine nasschemische Entfernung des Kragenoxids 5" im oberen Grabenbereich.

**[0072]** Fig. 4a-d zeigen die zum Verständnis der Erfindung wesentlichen Verfahrensschritte zur Herstellung eines vierten Ausführungsbeispiels des erfindungsgemäßen Grabenkondensators.

**[0073]** Der in Figur 4a dargestellte Zustand entspricht dem Zustand gemäß Figur 3f, dessen Vorgeschichte detailliert in Zusammenhang mit der obigen dritten Ausführungsform erläutert wurde, wobei allerdings unmittelbar nach dem Zustand von Figur 3f noch ein weiterer Recess des Polysiliziums 80 auf trockenchemische Art und Weise durchgeführt wurde, um die Metallelektrode 100 teilweise freizulegen.

**[0074]** Gemäß Figur 4b wird danach ein weiterer Metallelektrodenfilm 100' analog wie der Metallelektrodenfilm 100 abgeschieden und anisotrop zurückgeätzt, so daß er im oberen Bereich der Gräben 2 stehen bleibt. Alternativ kann auf die anisotrope Rückätzung auch verzichtet werden oder der obere Grabenbereich auch ganz mit Metall (d.h. ohne Polysilizium 80') aufgefüllt werden.

**[0075]** Es folgt eine Abscheidung von Arsen-dotiertem Polysilizium 80' und ein entsprechendes Zurückätzen, um den in Figur 4c dargestellten Zustand zu erreichen.

**[0076]** Schließlich werden gemäß Figur 4d der Metallelektrodenfilm 100' und das Kragenoxyd 5" im oberen Bereich der Gräben 2 zweckmäßigerweise nasschemisch zurückgeätzt.

**[0077]** Fig. 5a-e zeigen die zum Verständnis der Erfindung wesentlichen Verfahrensschritte zur Herstellung eines fünften Ausführungsbeispiels des erfindungsgemäßen Grabenkondensators.

**[0078]** Der in Figur 5a dargestellte Zustand entspricht dem in Figur 2j dargestellten Zustand, dessen Vorgeschichte oben ausführlich in Zusammenhang mit der zweiten Ausführungsform erläutert wurde.

**[0079]** Gemäß Figur 5b wird darauffolgend der Metallelektrodenfilm 100 mittels des ALD- bzw. ALCVD-Verfahrens bzw. des CVD-Verfahrens auf der resultierenden Struktur abgeschieden, und zwar in analoger Weise wie in Zusammenhang mit Figur 3b erörtert.

**[0080]** Im nächsten Prozessschritt erfolgt eine Abscheidung von Arsen-dotiertem Polysilizium 80 bzw. Poly-Silizium-Germanium, was zur in Figur 5c gezeigten Struktur führt.

**[0081]** Durch ein Zurückätzen des Polysiliziums bzw. Poly-Silizium-Germaniums wird die in Figur 5d dargestellte Struktur erhalten.

**[0082]** Schließlich erfolgt ein nasschemisches isotropes Ätzen des Metallelektrodenfilms 100, des Dielektrikums 70

mit hoher Dielektrizitätskonstante und des Kragenoxids 5" im oberen Bereich der Gräben 2, um die in Figur 5e dargestellte Struktur zu erhalten.

[0083] Fig. 6a-h zeigen die zum Verständnis der Erfindung wesentlichen Verfahrensschritte zur Herstellung eines sechsten Ausführungsbeispiels des erfindungsgemäßen Grabenkondensators.

[0084] Die in Figur 6a dargestellte Struktur entspricht der in Figur 1g dargestellten Struktur, deren Vorgeschichte bereits ausführlich in Zusammenhang mit der ersten Ausführungsform erläutert wurde.

[0085] Gemäß Figur 6b erfolgt daraufhin die Abscheidung einer Metall-Isolator-Metall-Struktur, bestehend aus der Metallelektroden-schicht 100", der Dielektrikumschicht 70 und der Metallelektroden-schicht 100". Die Abscheidungsverfahren und die für diese Schichten verwendeten Materialien entsprechen denjenigen der oben erläuterten ersten bzw. dritten Ausführungsform, und eine wiederholte Beschreibung derselben wird deshalb hier unterlassen.

[0086] In einem weiteren Prozessschritt wird gemäß Figur 6c Arsen-dotiertes polykristallines Silizium 80 auf der resultierenden Struktur abgeschieden, so daß es die Gräben 2 vollständig ausfüllt. Alternativmaßen könnte auch Poly-Silizium- Germanium zur Auffüllung verwendet werden.

[0087] In einem darauffolgenden Prozessschritt gemäß Fig. 6d wird das dotierte Polysilizium 80, bzw. das Poly-Silizium-Germanium bis zur Oberseite der Buried Plate 60 zurückgeätzt.

[0088] Zur Erreichung des in Figur 6e dargestellten Zustands erfolgt dann ein isotropes Ätzen der Metallelektroden-schichten 100" und 100" und des Dielektrikums 70 mit hoher Dielektrizitätskonstante im oberem freigelegten Bereich der Gräben 2, und zwar entweder mit einem nasschemischen oder einem trockenchemischen Ätzverfahren.

[0089] In einem darauffolgenden Prozessschritt gemäß Fig. 6f wird ein Kragenoxid 5" im oberen Bereich der Gräben 2 gebildet. Dies geschieht durch eine ganzflächige Oxidabscheidung und ein darauffolgendes anisotropes Ätzen des Oxids, so daß das Kragenoxid 5" an den Seitenwänden im oberen Grabenbereich stehenbleibt.

[0090] Wie in Figur 6g illustriert, wird in einem darauffolgenden Prozessschritt erneut mit Arsen dotiertes Polysilizium 80' abgeschieden und zurückgeätzt.

[0091] Gemäß Figur 6h folgt schließlich eine nasschemische Entfernung des Kragenoxids 5" im oberen Grabenbereich.

[0092] Fig. 7a-d zeigen die zum Verständnis der Erfindung wesentlichen Verfahrensschritte zur Herstellung eines siebenten Ausführungsbeispiels des erfindungsgemäßen Grabenkondensators.

[0093] Der in Figur 7a dargestellte Zustand entspricht dem in Figur 6f dargestellten Zustand, wobei ein weiterer Recess an dem Polysilizium 80 durchgeführt wurde, so daß die Metallelektroden-schicht 100" teilweise im Graben 2 freigelegt ist.

[0094] Gemäß Figur 7b wird in einem darauffolgenden Prozessschritt die weitere Metallelektroden-schicht 100' abgeschieden und anisotrop geätzt, so daß die Metallelektroden-schicht 100' die Innenwände im oberen Bereich des Grabens 2 auskleidet. Alternativ kann auf die anisotrope Rückätzung auch verzichtet werden oder der obere Grabenbereich auch ganz mit Metall (d.h. ohne Polysilizium 80') aufgefüllt werden.

[0095] Im nächsten Prozessschritt erfolgt eine Abscheidung von Arsen-dotiertem Polysilizium 80' bzw. Poly-Silizium-Germanium. Durch ein Zurückätzen des Polysiliziums bzw. Poly-Silizium-Germaniums wird die in Figur 7c dargestellte Struktur erhalten.

[0096] Schließlich erfolgt ein nasschemisches isotropes Ätzen des Metallelektrodenfilms 100' und des Kragenoxids 5" im oberen Bereich der Gräben 2, um die in Figur 7d dargestellte Struktur zu erhalten.

[0097] Fig. 8a-g zeigen die zum Verständnis der Erfindung wesentlichen Verfahrensschritte zur Herstellung eines achten Ausführungsbeispiels des erfindungsgemäßen Grabenkondensators.

[0098] Die in Figur 8a gezeigte Struktur entspricht der in Figur 1g gezeigten Struktur, wobei auf der Struktur nach Figur 1g ein Metallelektrodenfilm 100" gemäß dem ALD- bzw. CVD- Verfahren, wie oben erläutert, abgeschieden wurde. Weiterhin wurde über der so erhaltenen Struktur undotiertes Polysilizium 90 abgeschieden und bis zur Oberseite der Buried Plate 60 zurückgeätzt.

[0099] Gemäß Figur 8b erfolgt dann ein Zurückätzen des Metallelektrodenfilms 100" im freigelegten Bereich durch einen entsprechenden isotropen Ätzprozess.

[0100] Gemäß Figur 8c wird dann das Kragenoxyd 5" abgeschieden und anisotrop zurückgeätzt, wie bereits oben beschrieben. Es folgt ein Entfernen des undotierten Polysiliziums 90 im unteren Grabenbereich, was zur in Figur 8d gezeigten Struktur führt.

[0101] In einem nächsten Prozessschritt, der in Figur 8e gezeigt ist, erfolgt ein Abscheiden des speziellen Dielektrikums 70 mit hoher Dielektrizitätskonstante und der weiteren Metallelektroden-schicht 100".

[0102] Auf der resultierenden Struktur wird ganzflächig mit Arsen dotiertes Polysilizium 80 abgeschieden und zurückgeätzt, wie in Figur 8f dargestellt.

[0103] Schließlich werden die Metallelektroden-schicht 100", die Dielektrikumschicht 70 und das Kragenoxyd 5" im oberen Bereich zurückgeätzt, um die in Figur 8g gezeigte Struktur zu erhalten.

[0104] Diese achte Ausführungsform erlaubt es, dass der Kragen selbstjustiert zur unteren Metallelektrode 100" angeordnet ist.

[0105] Fig. 9a-h zeigen die zum Verständnis der Erfindung wesentlichen Verfahrensschritte zur Herstellung eines neunten Ausführungsbeispiels des erfindungsgemäßen Grabenkondensators.

[0106] Gemäß Figur 9a erfolgt eine Abscheidung der Metallelektroden-schicht 100'' auf die in Figur 1g gezeigte Struktur, auf die Photolack 30 aufgebracht und zurückgeätzt wurde.

[0107] Gemäß Figur 9b erfolgt danach ein Zurückkätzen der Metallelektroden-schicht 100'' und ein Entfernen des Photolacks 30 durch einen entsprechenden Ätzprozess.

[0108] Wie in Figur 9c dargestellt, werden dann auf der resultierenden Struktur die Dielektrikumschicht 70 mit hoher Dielektrizitätskonstante und die weitere Metallelektroden-schicht 100''' abgeschieden.

[0109] Wie in Figur 9d gezeigt, wird auf der resultierenden Struktur Arsen-dotiertes Polysilizium 80 abgeschieden und bis oberhalb des Bereichs der Buried Plate 60 zurückgeätzt.

[0110] In einem darauffolgenden isotropen Ätzschritt werden die Metallelektroden-schicht 100''' und die Dielektrikumschicht 70 ebenfalls zurückgeätzt, um die in Figur 9e gezeigte Struktur zu erhalten.

[0111] In einem darauffolgenden Prozessschritt gemäß Fig. 9f wird ein Kragenoxid 5'' im oberen Bereich der Gräben 2 gebildet. Dies geschieht durch eine ganzflächige Oxidabscheidung und ein darauffolgendes anisotropes Ätzen des Oxids, so daß das Kragenoxid 5'' an den Seitenwänden im oberen Grabenbereich stehenbleibt.

[0112] Wie in Figur 9g illustriert, wird in einem darauffolgenden Prozessschritt erneut mit Arsen dotiertes Polysilizium 80' abgeschieden und zurückgeätzt.

[0113] Gemäß Figur 9h folgt schließlich eine nasschemische Entfernung des Kragenoxids 5'' im oberen Grabenbereich.

[0114] Bei der in Figur 9a bis h illustrierten neunten Ausführungsform ist der Kragen selbstjustiert zum Dielektrikum 70 und zur oberen Elektrode 100''' aufgebracht.

[0115] Fig. 10a-g zeigen die zum Verständnis der Erfindung wesentlichen Verfahrensschritte zur Herstellung eines zehnten Ausführungsbeispiels des erfindungsgemäßen Grabenkondensators.

[0116] Der in Figur 10a gezeigte Zustand entspricht dem Zustand gemäß Figur 2i, dessen Vorgeschichte bereits ausführlich in Zusammenhang mit der obigen zweiten Ausführungsform erläutert wurde.

[0117] Zum Erreichen des in Figur 10b gezeigten Zustands wird auf der resultierenden Struktur die Metallelektroden-schicht 100'' abgeschieden.

[0118] Es folgt ein Auffüllen der Struktur mit Photolack 30 und ein Zurückkätzen des Photolacks 30, um zu der in Figur 10c gezeigten Struktur zu gelangen. Danach erfolgt ein Zurückkätzen der Metallelektroden-schicht 100'' im freigelegten Bereich und danach ein Entfernen des Photolacks 30. Dies ist in Figur 10d dargestellt.

[0119] Anschließend werden das spezielle Dielektrikum 70 mit hoher Dielektrizitätskonstante sowie die weitere Metallelektroden-schicht 100''' auf der resultierenden Struktur abgeschieden.

[0120] Es folgt ein Abscheiden und Zurückkätzen von Arsen-dotiertem Polysilizium 80 oder Polysilizium-Germanium. Dies führt zu der in Figur 10f gezeigten Struktur.

[0121] Schließlich werden die beiden Metallelektroden-schichten 100'' und 100''', die Dielektrikumschicht 70 und das Kragenoxid 5'' im oberen Bereich zurückgeätzt, um die in Figur 10g gezeigte Struktur zu erhalten.

[0122] Obwohl die vorliegende Erfindung vorstehend anhand eines bevorzugten Ausführungsbeispiels beschrieben wurde, ist sie darauf nicht beschränkt, sondern auf vielfältige Art und Weise modifizierbar.

[0123] Insbesondere sind die angeführten Materialien nur beispielhaft und durch andere Materialien mit geeigneten Eigenschaften ersetzbar. Dasgleiche gilt für die genannten Ätzprozesse und Abscheidungsprozesse.

[0124] Bezugszeichenliste

1	Siliziumsubstrat
3	aufgeweiteter Bereich
5	Padoxid
5'	Deckoxid
5''	Kragenoxid
10	Padnitrid
20	ASG
30	Photolack
60	Buried Plate
70	Dielektrikum
80, 80'	dotiertes Polysilizium
90	undotiertes Polysilizium
100, 100', 100'', 100'''	Metallelektroden-schicht



**Patentansprüche**

1. Grabenkondensator, insbesondere zur Verwendung in einer Halbleiter-Speicherzelle, mit:

- 5 einem Graben (2), der in einem Halbleitersubstrat (1) gebildet ist;
- einer im Graben (2) befindlichen ersten und zweiten leitenden Kondensatorplatte (60, 80; 60, 100; 100", 100");
- 10 einer zwischen der ersten und zweiten Kondensatorplatte (60, 80; 60, 100; 100", 100") befindlichen dielektrischen Schicht (70) als Kondensatordielektrikum;
- einem Isolationskragen (5") im oberen Bereich des Grabens (2); und
- 15 einem optionellen in den Graben (2) gefüllten leitenden Füllmaterial (80, 80');

**dadurch gekennzeichnet,**

**daß** die dielektrische Schicht (70) durch ein ALD- bzw. ALCVD-Verfahren oder ein CVD-Verfahren aufgebracht worden ist.

2. Grabenkondensator nach Anspruch 1,

**dadurch gekennzeichnet,**

**daß** die erste Kondensatorplatte (60) ein Bereich erhöhter Dotierung (60) im Halbleitersubstrat (1) im unteren Bereich des Grabens (2) ist und die zweite Kondensatorplatte das leitende Füllmaterial (80, 80') ist.

3. Grabenkondensator, insbesondere zur Verwendung in einer Halbleiter-Speicherzelle, mit:

- 25 einem Graben (2), der in einem Halbleitersubstrat (1) gebildet ist;
- einer im Graben (2) befindlichen ersten und zweiten leitenden Kondensatorplatte (60, 80; 60, 100; 100", 100");
- 30 einer zwischen der ersten und zweiten Kondensatorplatte (60, 80; 60, 100; 100", 100") befindlichen dielektrischen Schicht (70) als Kondensatordielektrikum;
- einem Isolationskragen (5") im oberen Bereich des Grabens
- 35 (2); und
- einem optionellen in den Graben (2) gefüllten leitenden Füllmaterial (80, 80');

40 wobei die erste Kondensatorplatte (60) ein Bereich erhöhter Dotierung (60) im Halbleitersubstrat (1) im unteren Bereich des Grabens (2) ist;

**dadurch gekennzeichnet,**

**daß** auf der dielektrischen Schicht (70) im Grabeninnern eine erste Metallelektroden-schicht (100) als zweite Kondensatorplatte vorgesehen ist.

4. Grabenkondensator nach Anspruch 3,

**dadurch gekennzeichnet,**

**daß** im oberen Bereich des Grabens (2) eine zweite Metallelektroden-schicht (100') vorgesehen ist, welche mit der ersten Metallelektroden-schicht (100) in elektrischer Verbindung steht, wobei die zweite Metallelektroden-schicht (100') optionellerweise den oberen Grabenbereich ausfüllt.

5. Grabenkondensator, insbesondere zur Verwendung in einer Halbleiter-Speicherzelle, mit:

- 55 einem Graben (2), der in einem Halbleitersubstrat (1) gebildet ist;
- einer im Graben (2) befindlichen ersten und zweiten leitenden Kondensatorplatte (60, 80; 60, 100; 100", 100");
- einer zwischen der ersten und zweiten Kondensatorplatte (60, 80; 60, 100; 100", 100") befindlichen dielek-

trischen Schicht (70) als Kondensatordielektrikum;

einem Isolationskragen (5'') im oberen Bereich des Grabens (2); und

einem optionellen in den Graben (2) gefüllten leitenden Füllmaterial (80');;

**dadurch gekennzeichnet,**

**daß** zwischen der dielektrischen Schicht (70) und dem Halbleitersubstrat (1) eine dritte Metallelektroden-  
schicht (100'') als erste Kondensatorplatte und andererseits der dielektrischen Schicht (70) eine vierte Metallelektroden-  
schicht (100''') als zweite Kondensatorplatte vorgesehen ist.

6. Grabenkondensator nach Anspruch 5,

**dadurch gekennzeichnet,**

**daß** im oberen Bereich des Grabens (2) eine zweite Metallelektroden-  
schicht (100') vorgesehen ist, welche mit der  
vierten Metallelektroden-  
schicht (100''') in elektrischer Verbindung steht, wobei die zweite Metallelektroden-  
schicht (100') optionellerweise den oberen Grabenbereich ausfüllt.

7. Grabenkondensator nach Anspruch 5 oder 6,

**dadurch gekennzeichnet,**

**daß** die dielektrische Schicht (70) und die vierte Metallelektroden-  
schicht (100''') in den Bereich des Isolationskra-  
gens (5'') geführt sind.

8. Grabenkondensator nach Anspruch 7,

**dadurch gekennzeichnet,**

**daß** die dritte Metallelektroden-  
schicht (100'') in den Bereich des Isolationskragens (5'') geführt ist.

9. Grabenkondensator nach einem der Ansprüche 3 bis 8,

**dadurch gekennzeichnet,**

**daß** die erste oder zweite oder dritte oder vierte Metallelektroden-  
schicht (100, 100', 100'', 100''') oder die dielek-  
trische Schicht (70) durch ein ALD- bzw. ALCVD-Verfahren oder ein CVD-Verfahren aufgebracht worden ist.

10. Grabenkondensator nach einem der Ansprüche 3 bis 9,

**dadurch gekennzeichnet,**

**daß** die erste oder zweite oder dritte oder vierte Metallelektroden-  
schicht (100, 100', 100'', 100''') mindestens eines  
der folgenden Materialien aufweist:

TiN, WN, TaN, HfN, ZrN, Ti, W, Ta, Si, TaSiN, WSiN, TiAlN, WSi, MoSi, CoSi.

11. Grabenkondensator nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

**dadurch gekennzeichnet,**

**daß** der Graben (2) einen unteren aufgeweiteten Bereich (3) aufweist.

12. Grabenkondensator nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

**dadurch gekennzeichnet,**

**daß** die dielektrische Schicht (70) mindestens eines der folgenden Materialien aufweist:

Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, ZrO<sub>2</sub>, HfO<sub>2</sub>, Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, TiO<sub>2</sub>, Al-Ta-O, Al-Zr-O, Al-Hf-O, Al-La-O, Al-Ti-O, Zr-Y-O, Zr-Si-O,  
Hf-Si-O, Si-O-N, Ta-O-N, Gd<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, SnO<sub>3</sub>, La-Si-O, Ti-Si-O, LaAlO<sub>3</sub>, ZrTiO<sub>4</sub>, (Zr, Sn)TiO<sub>4</sub>, SrZrO<sub>4</sub>, LaAlO<sub>4</sub>,  
BaZrO<sub>3</sub>.

13. Grabenkondensator nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

**dadurch gekennzeichnet,**

**daß** das leitende Füllmaterial (80, 80') aus einer ersten leitenden Füllschicht (80) im unteren Grabenbereich und  
einer zweiten leitenden Füllschicht (80') im oberen Grabenbereich zusammengesetzt ist.

14. Verfahren zur Herstellung eines Grabenkondensators, insbesondere zur Verwendung in einer Halbleiter-Speicher-  
zelle, mit den Schritten:

Bilden eines Grabens (2) in einem Halbleitersubstrat (1);

Vorsehen einer ersten und zweiten leitenden Kondensatorplatte (60, 80; 60, 100; 100", 100") im Graben (2);

Vorsehen einer dielektrischen Schicht (70) als Kondensatordielektrikum zwischen der ersten und zweiten Kondensatorplatte (60, 80; 60, 100; 100", 100");

Bilden eines Isolationskragens (5") im oberen Bereich des Grabens (2); und

optionelles Auffüllen eines leitenden Füllmaterials (80, 80') in den Graben (2);

**dadurch gekennzeichnet,**

**daß** die dielektrische Schicht (70) durch ein ALD- bzw. ALCVD-Verfahren oder ein CVD-Verfahren aufgebracht wird.

15. Verfahren zur Herstellung eines Grabenkondensators, insbesondere zur Verwendung in einer Halbleiter-Speicherzelle, mit den Schritten:

Bilden eines Grabens (2) in einem Halbleitersubstrat (1);

Vorsehen einer ersten und zweiten leitenden Kondensatorplatte (60, 80; 60, 100; 100", 100") im Graben (2);

Vorsehen einer dielektrischen Schicht (70) als Kondensatordielektrikum zwischen der ersten und zweiten Kondensatorplatte (60, 80; 60, 100; 100", 100");

Bilden eines Isolationskragens (5") im oberen Bereich des Grabens (2); und

optionelles Auffüllen eines leitenden Füllmaterials (80, 80') in den Graben (2);

**dadurch gekennzeichnet,**

**daß** auf der dielektrischen Schicht (70) im Grabeninnern eine erste Metallelektroden-schicht (100) als zweite Kondensatorplatte vorgesehen wird.

16. Verfahren nach Anspruch 15,

**dadurch gekennzeichnet,**

**daß** im oberen Bereich des Grabens (2) eine zweite Metallelektroden-schicht (100') vorgesehen wird, welche mit der ersten Metallelektroden-schicht (100) in elektrischer Verbindung steht.

17. Verfahren zur Herstellung eines Grabenkondensators, insbesondere zur Verwendung in einer Halbleiter-Speicherzelle, mit den Schritten:

Bilden eines Grabens (2) in einem Halbleitersubstrat (1);

Vorsehen einer ersten und zweiten leitenden Kondensatorplatte (60, 80; 60, 100; 100", 100") im Graben (2);

Vorsehen einer dielektrischen Schicht (70) als Kondensatordielektrikum zwischen der ersten und zweiten Kondensatorplatte (60, 80; 60, 100; 100", 100");

Bilden eines Isolationskragens (5") im oberen Bereich des Grabens (2); und

optionelles Auffüllen eines leitenden Füllmaterials (80, 80') in den Graben (2);

**dadurch gekennzeichnet,**

**daß** zwischen der dielektrischen Schicht (70) und dem Halbleitersubstrat (1) eine dritte Metallelektroden-schicht (100") als erste Kondensatorplatte und andererseits der dielektrischen Schicht (70) eine vierte Metallelektroden-schicht (100") als zweite Kondensatorplatte vorgesehen wird.

18. Verfahren nach Anspruch 17,

**dadurch gekennzeichnet,**

**daß** zwischen dem Isolationskragen (5") und dem leitenden Füllmaterial (80, 80') im oberen Bereich des Grabens (2) eine zweite Metallelektroden-schicht (100') vorgesehen wird, welche mit der vierten Metallelektroden-schicht (100") in elektrischer Verbindung steht.

19. Verfahren nach Anspruch 17 oder 18,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
**daß** die dielektrische Schicht (70) und die vierte Metallelektrodenschicht (100''') in den Bereich des Isolationskragens (5'') geführt werden.

20. Verfahren nach Anspruch 19,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
**daß** die dritte Metallelektrodenschicht (100''') in den Bereich des Isolationskragens (5'') geführt wird.

21. Verfahren nach einem der Ansprüche 16 bis 20,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
**daß** die erste oder zweite oder dritte oder vierte Metallelektrodenschicht (100, 100', 100'', 100''') oder die dielektrische Schicht (70) durch ein ALD- bzw. ALCVD-Verfahren oder ein CVD-Verfahren aufgebracht wird.

FIG 1c

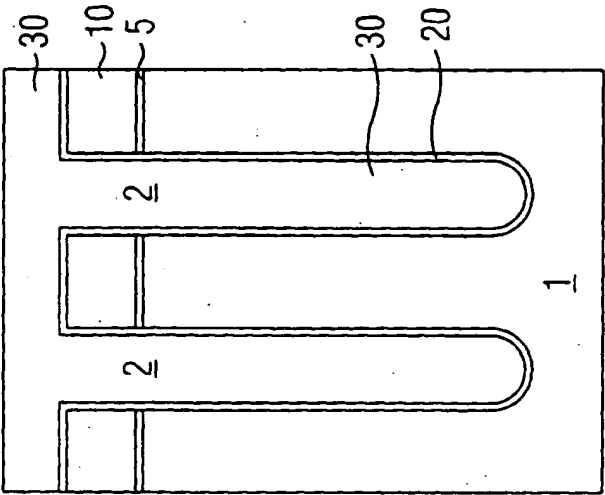


FIG 1b

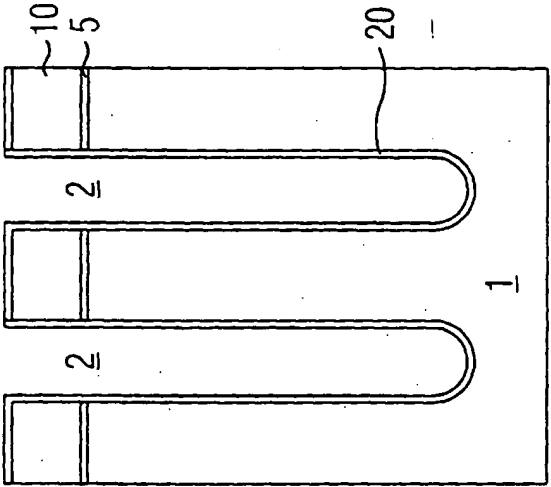


FIG 1a

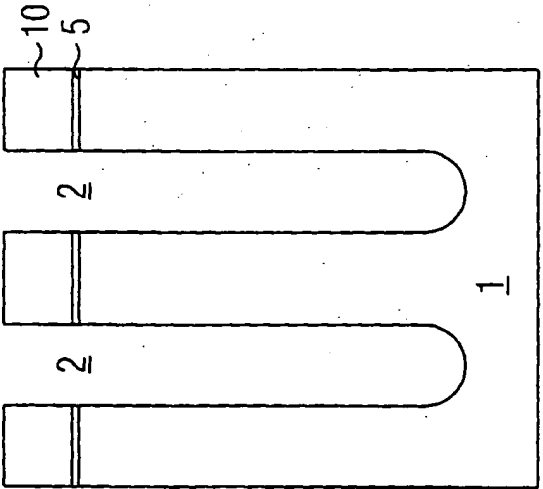


FIG 1d

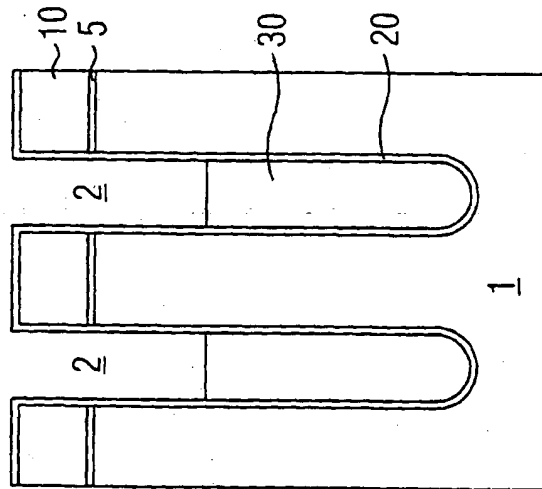


FIG 1e

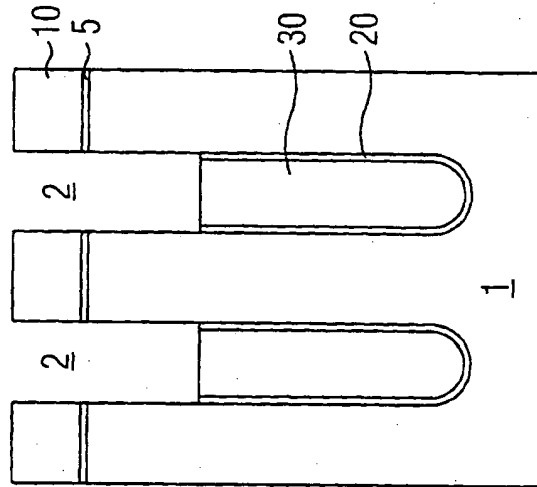


FIG 1f

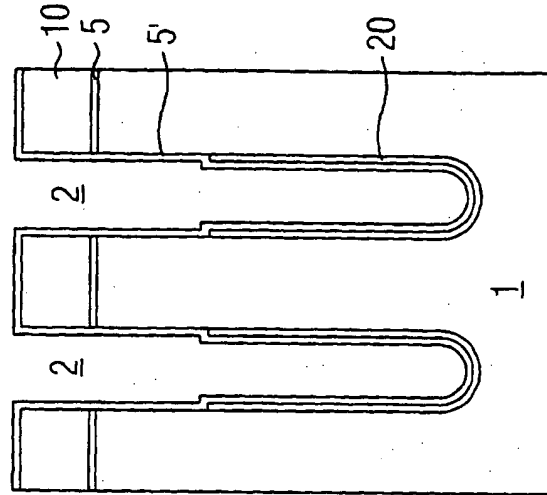


FIG 1i

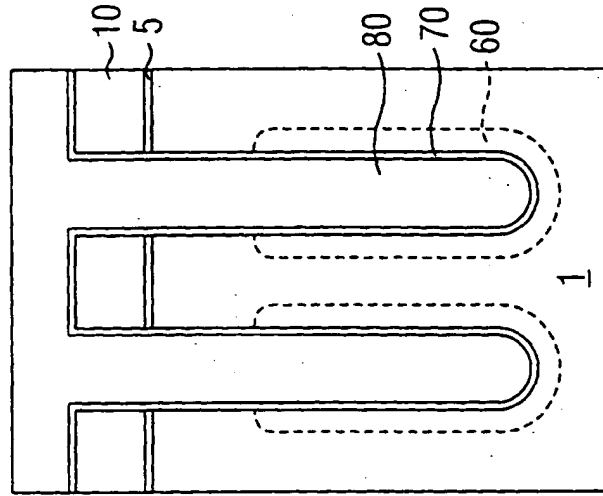


FIG 1h

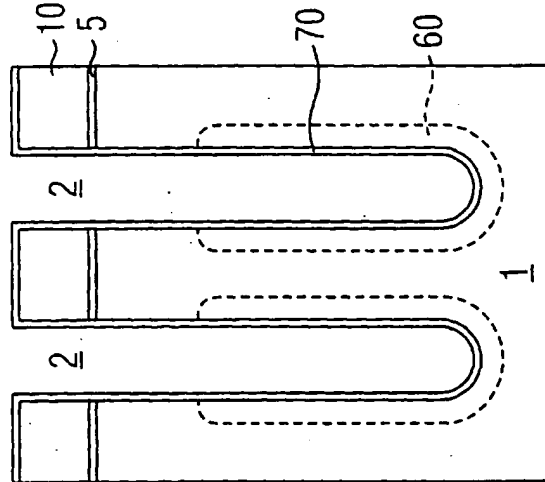
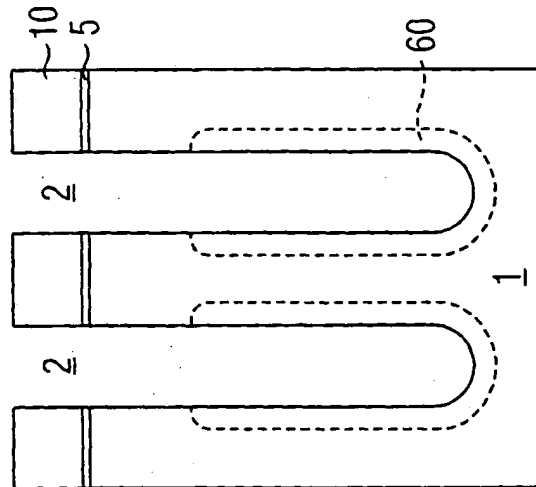
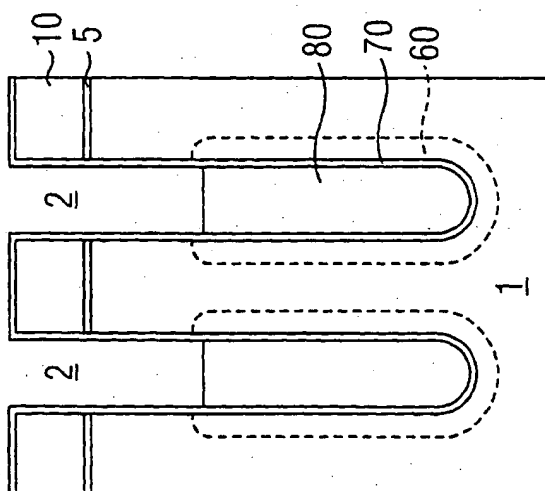


FIG 1g



**FIG 1j**



**FIG 1k**

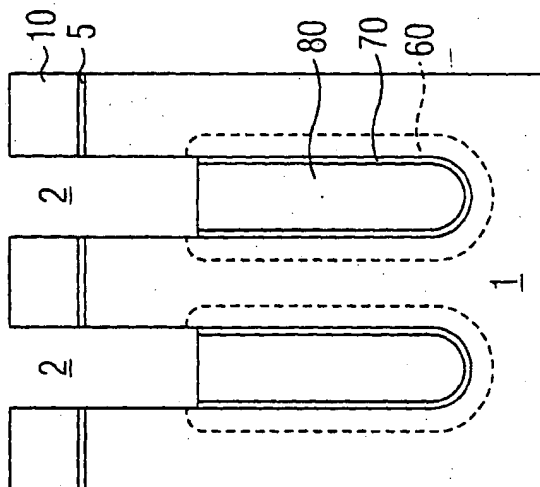


FIG 11

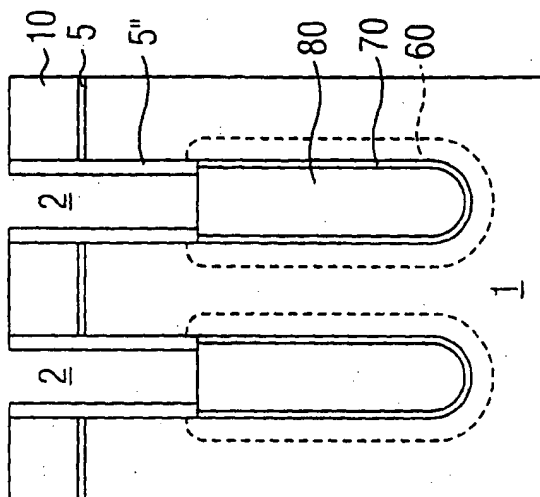




FIG 1n

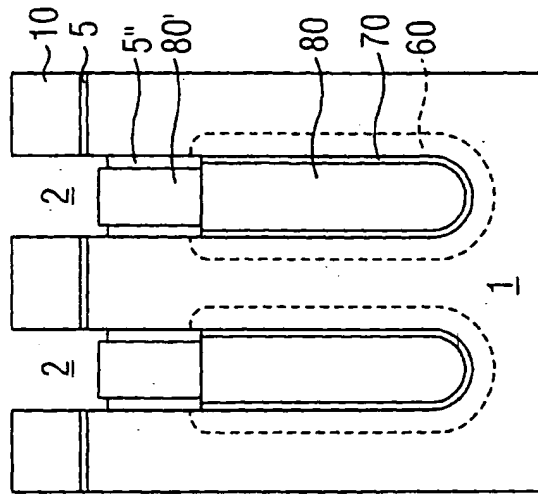


FIG 1m

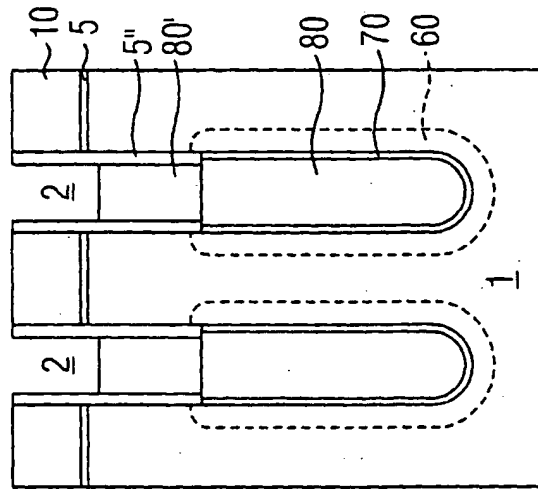


FIG 2a

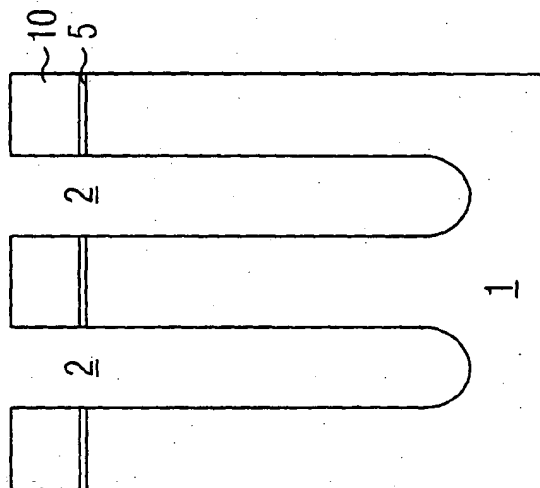


FIG 2b

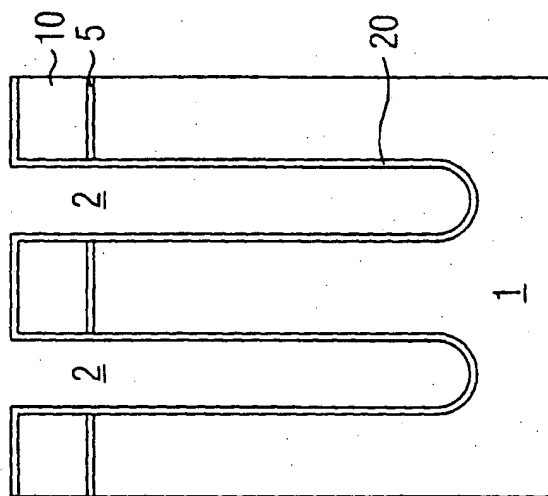


FIG 2c

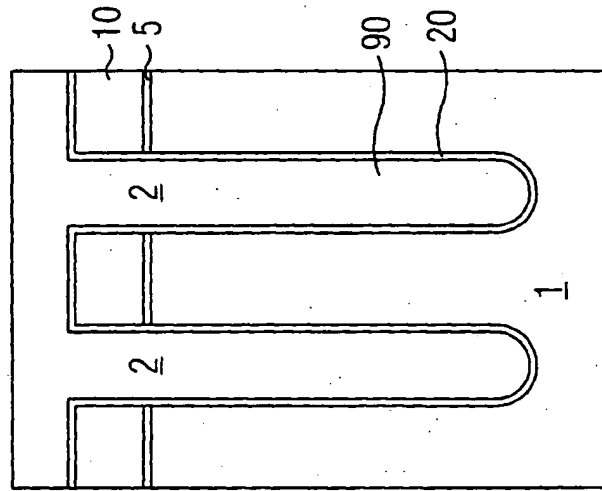


FIG 2d

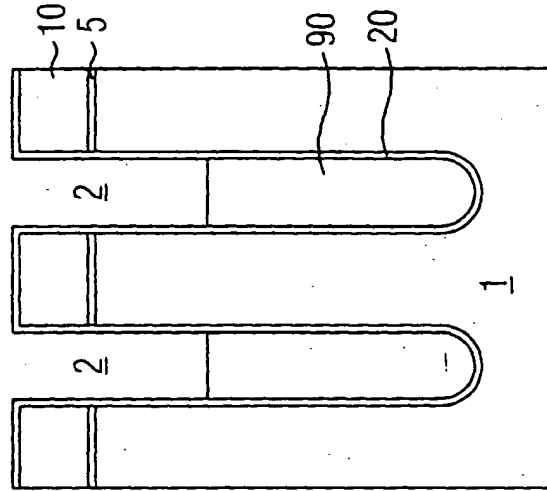


FIG 2e

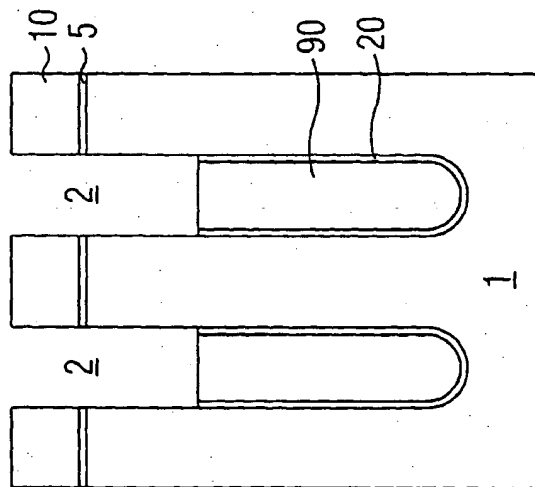


FIG 2f

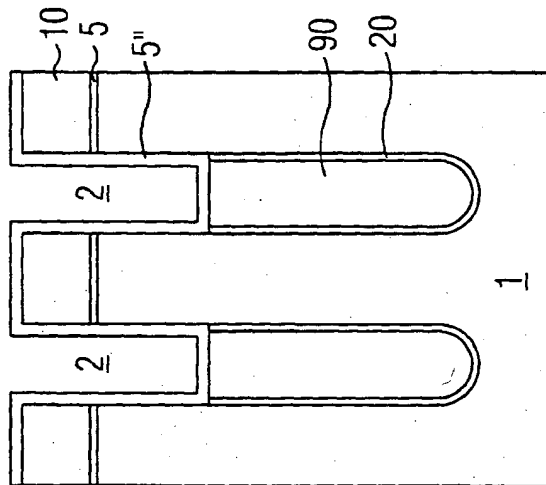


FIG 2g

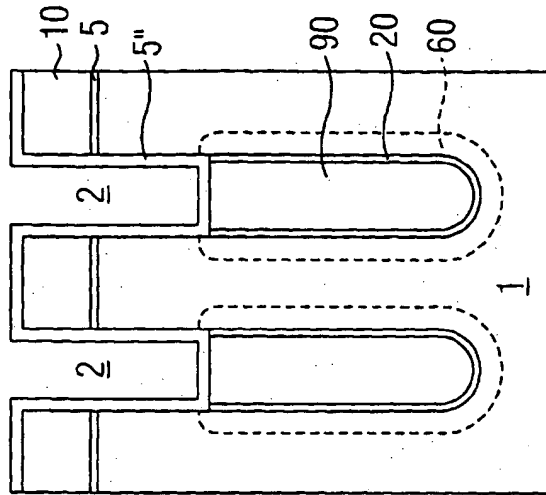


FIG 2h

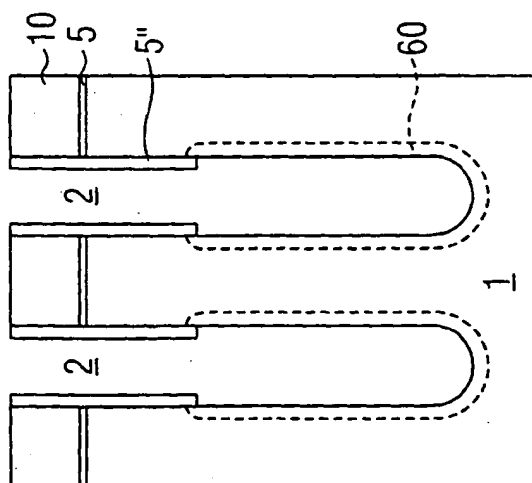


FIG 2i

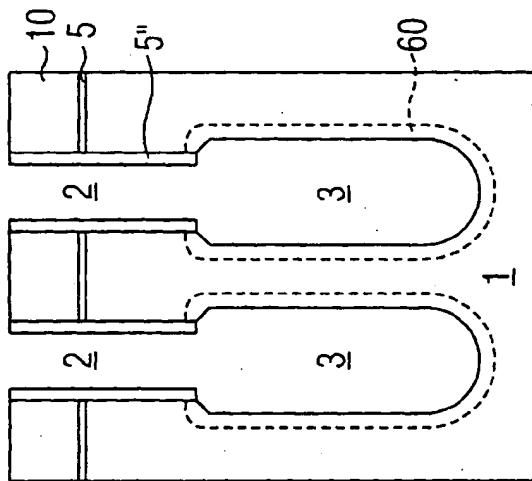


FIG 2j

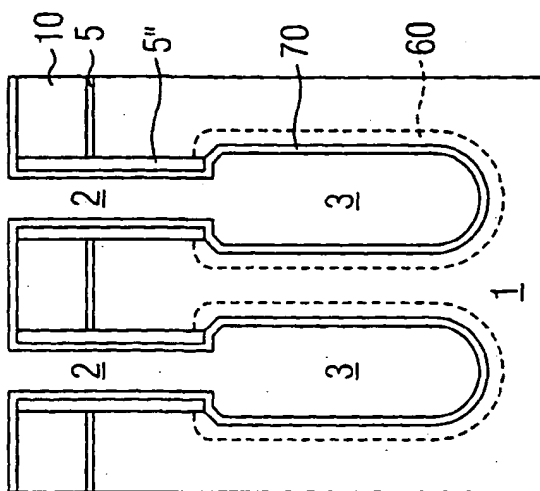


FIG 2k

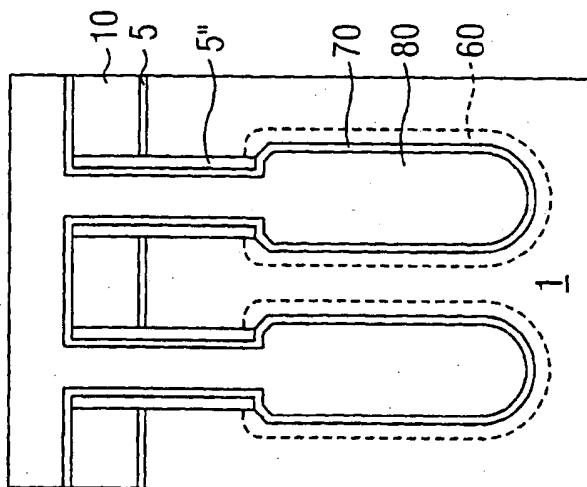


FIG 2l

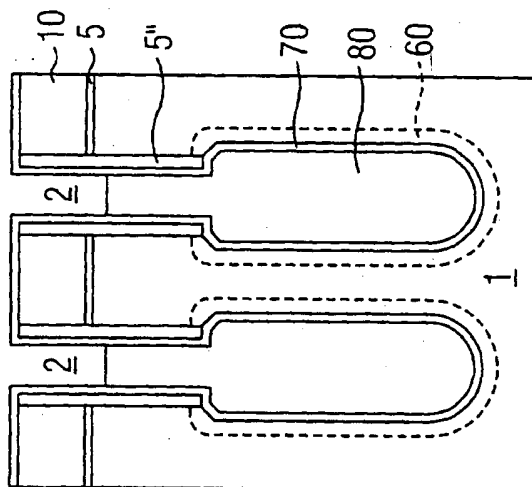


FIG 2m

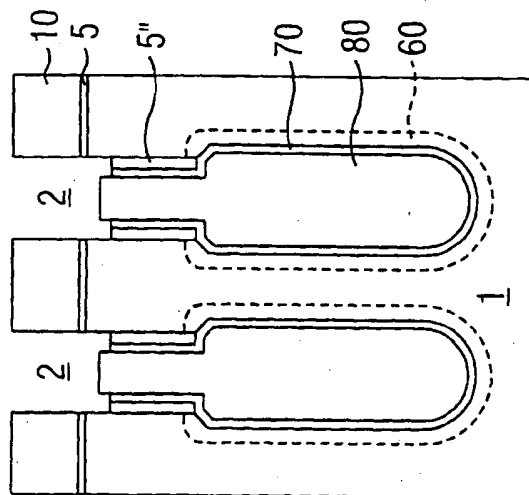


FIG 3b

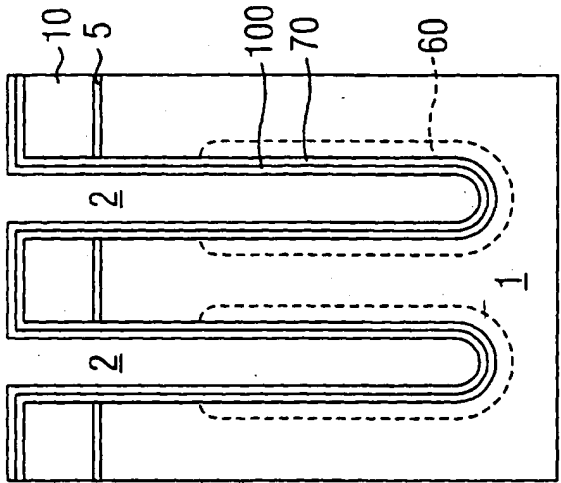


FIG 3a

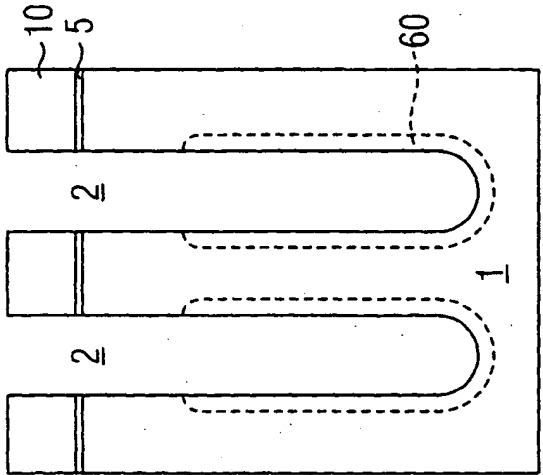


FIG 3c

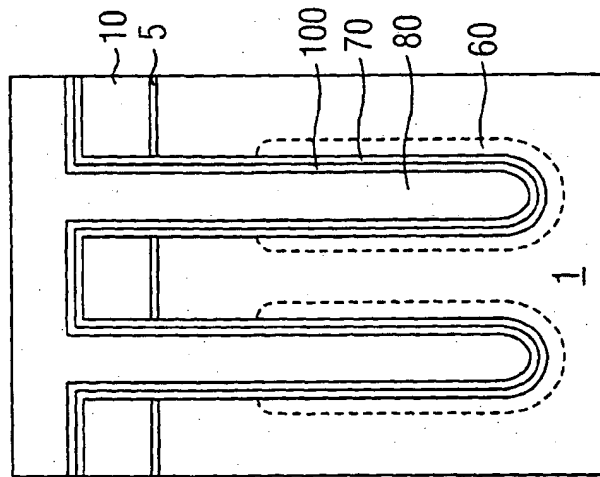


FIG 3d

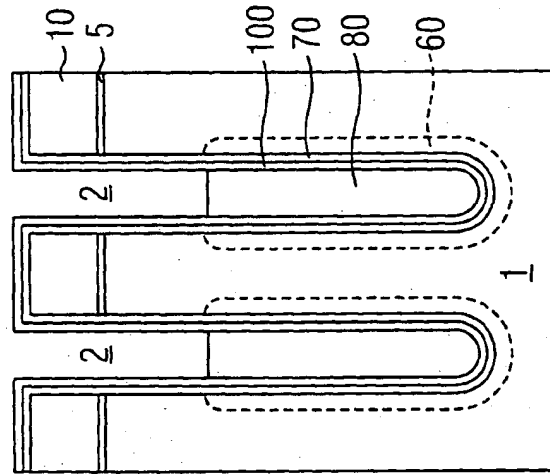


FIG 3e

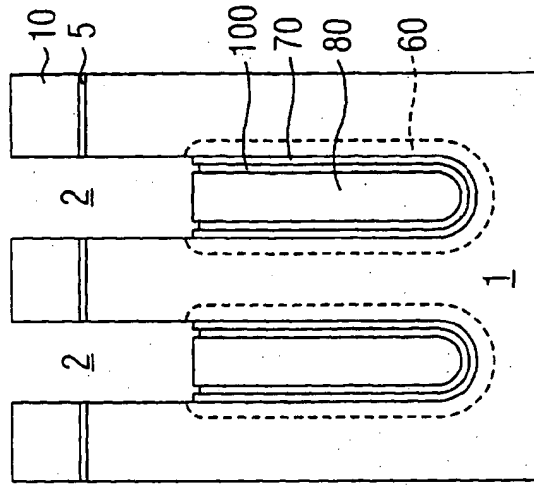




FIG 3h

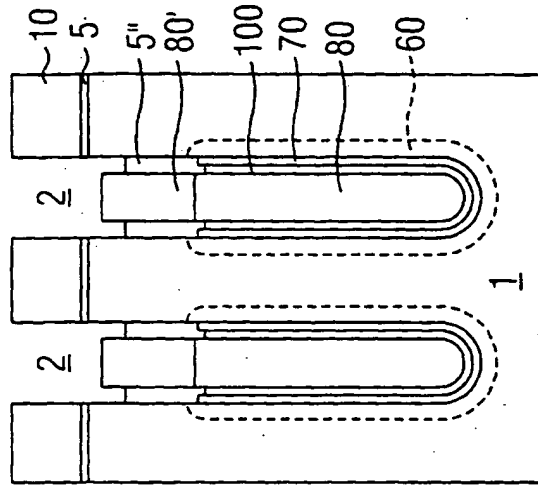


FIG 3g

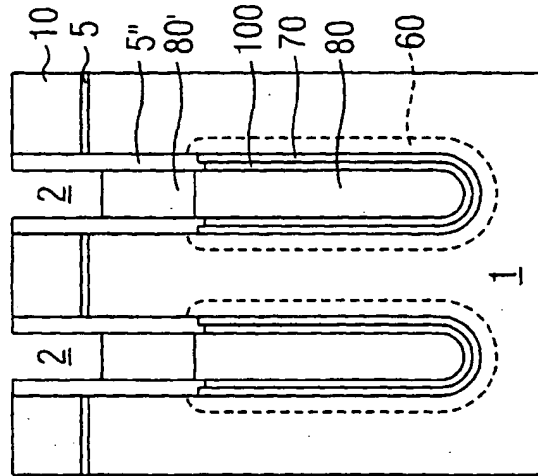


FIG 3f

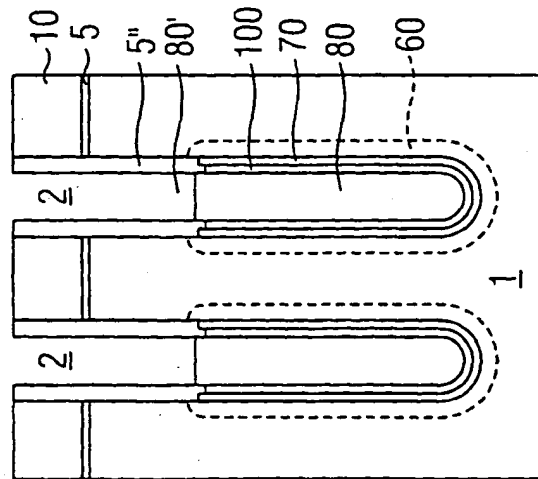


FIG 4b

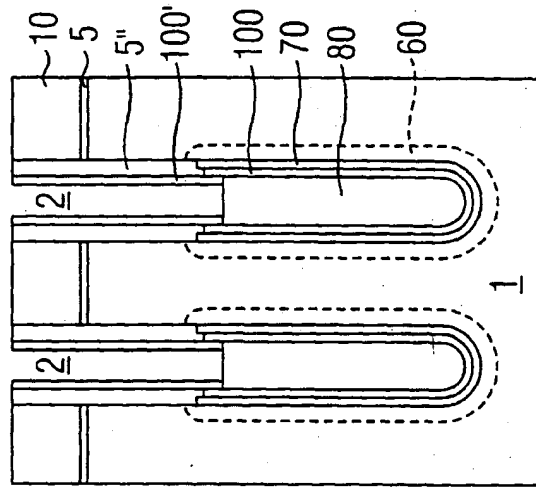


FIG 4a

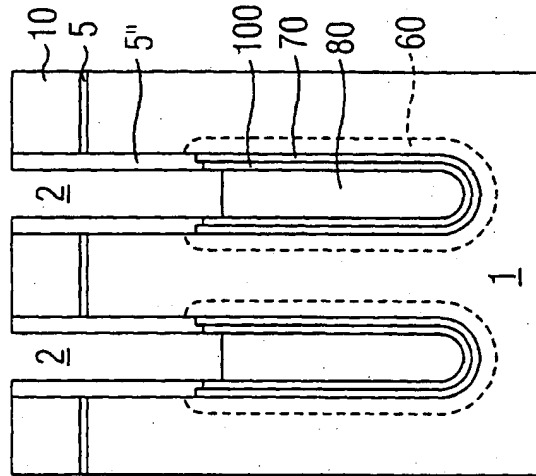


FIG 4d

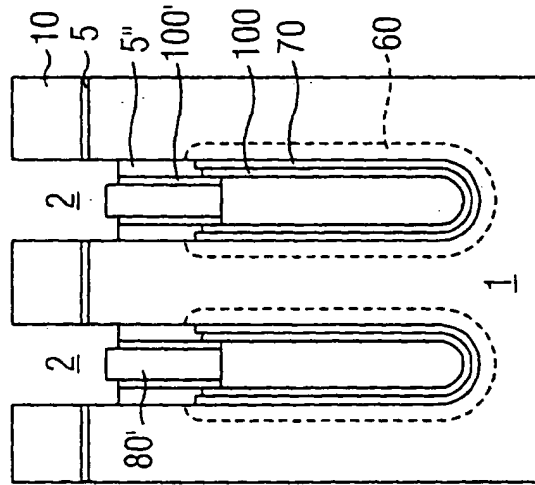
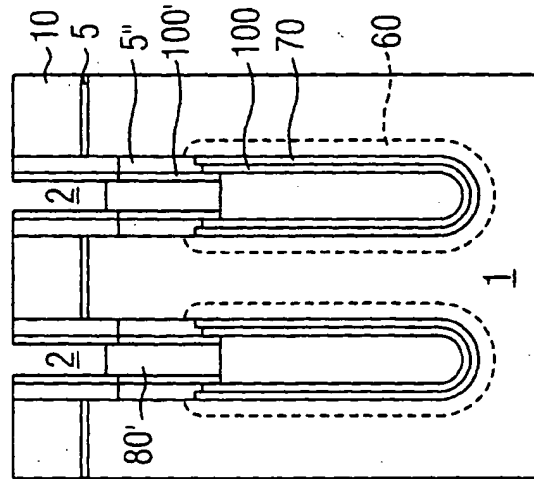
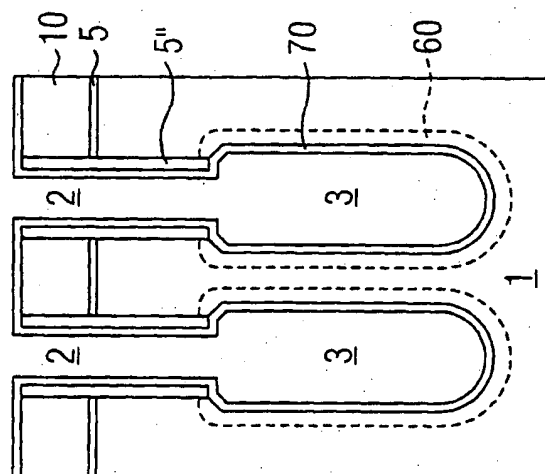


FIG 4c



**FIG 5a**



**FIG 5b**

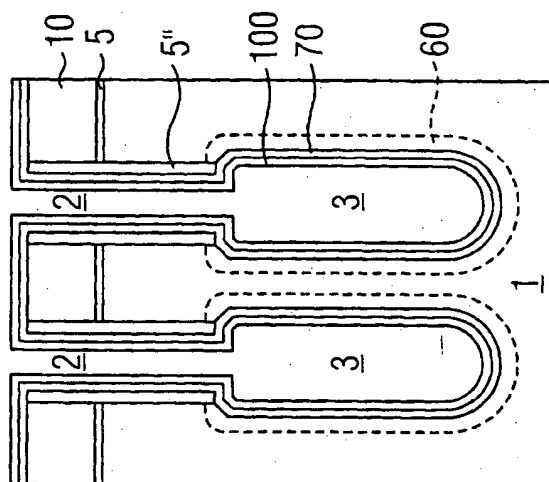


FIG 5c

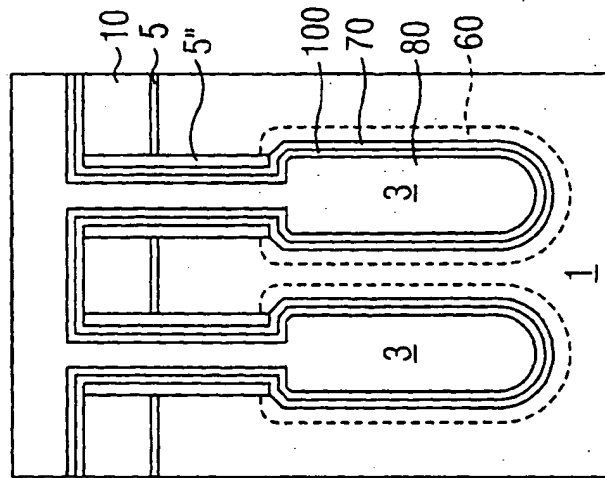


FIG 5d

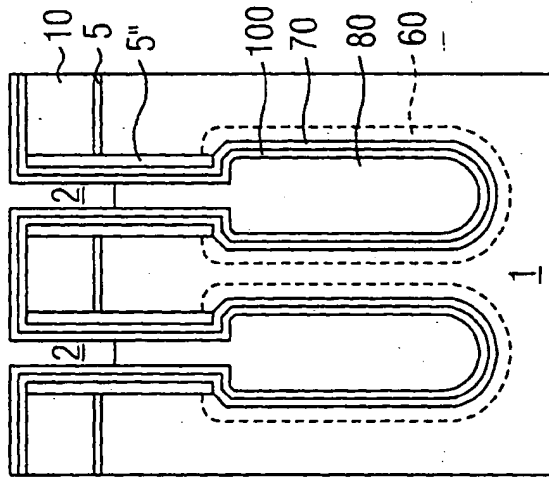


FIG 5e

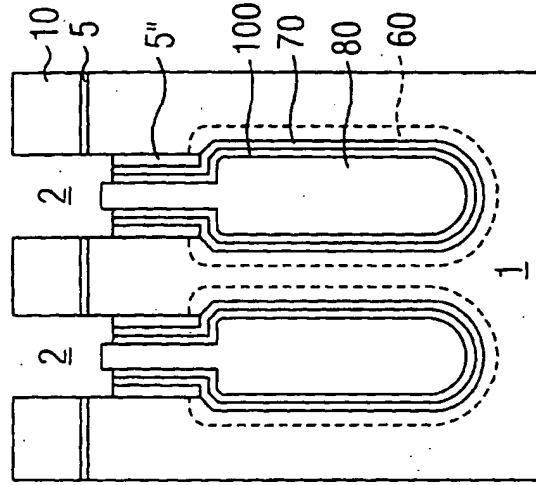


FIG 6b

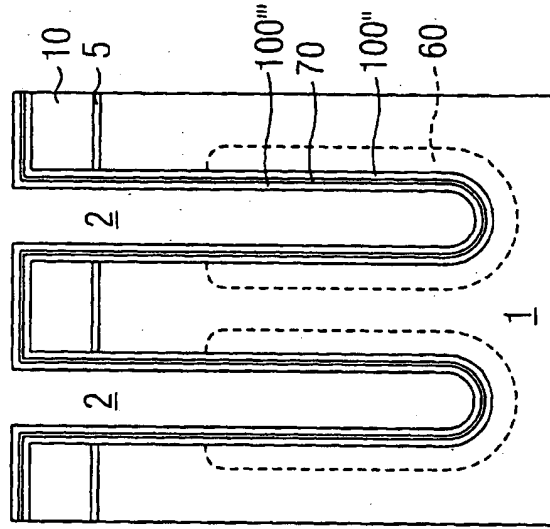


FIG 6a

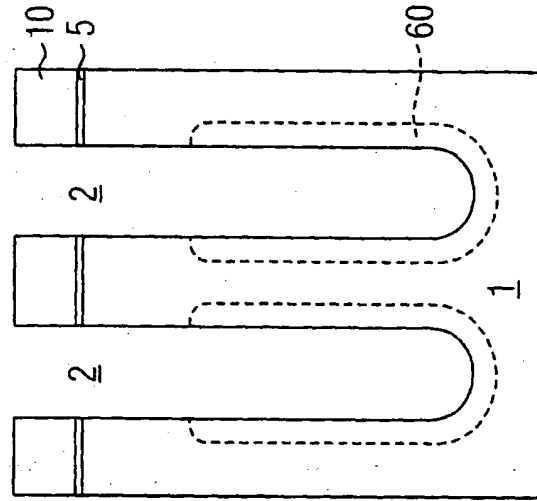


FIG 6c

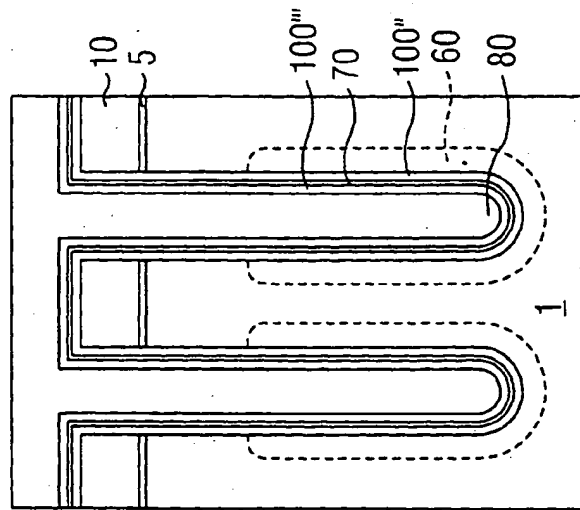


FIG 6d

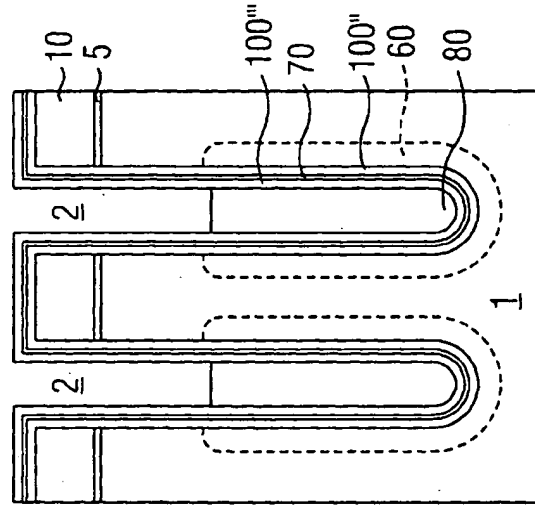


FIG 6e

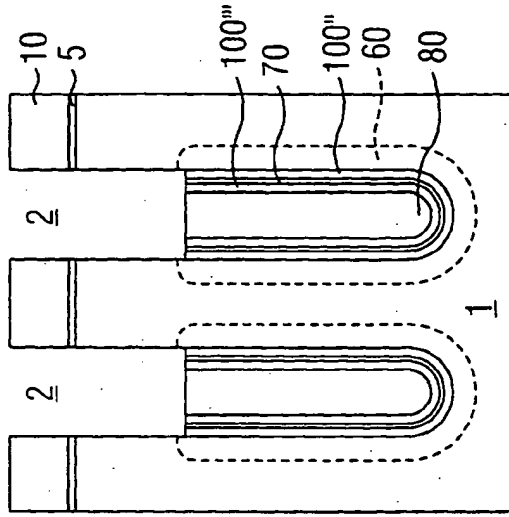


FIG 6h

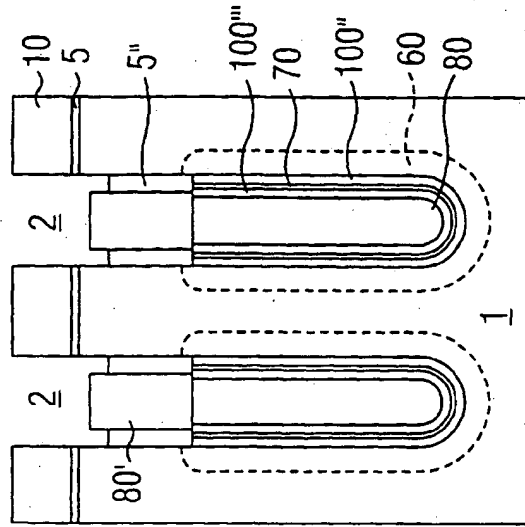


FIG 6g

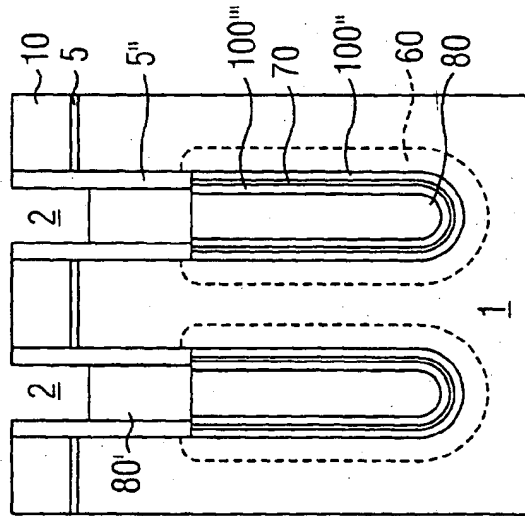


FIG 6f

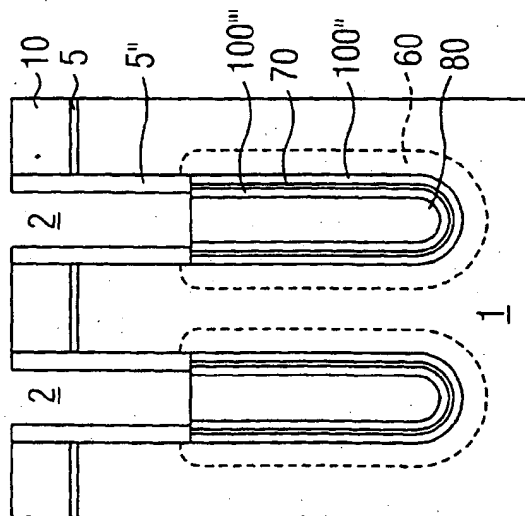




FIG 7b

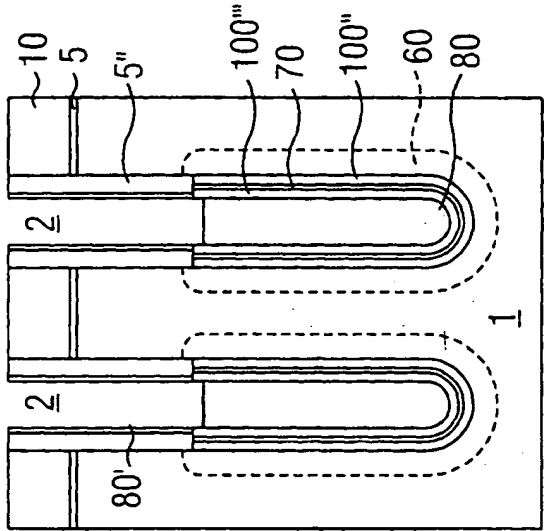


FIG 7a

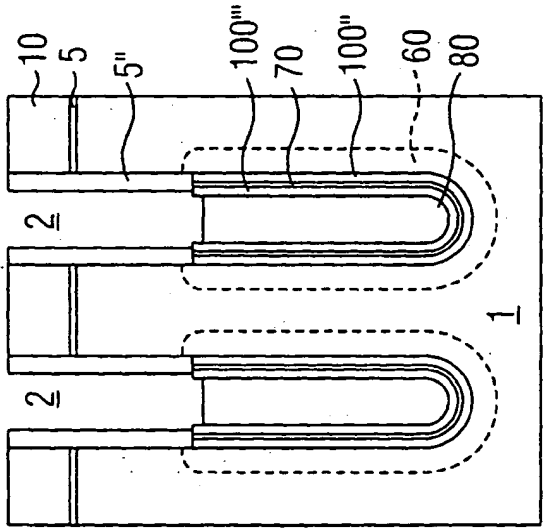


FIG 7d

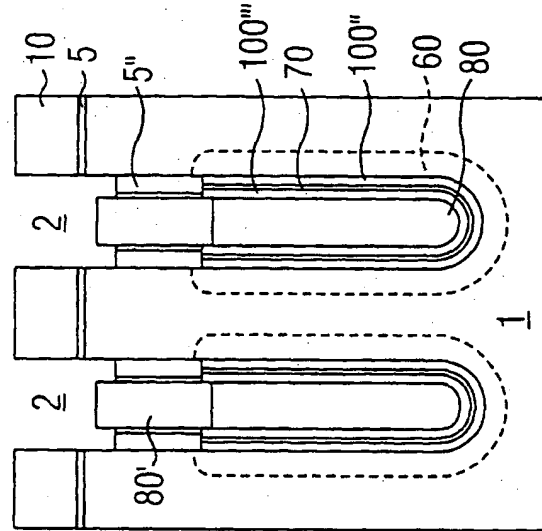


FIG 7c

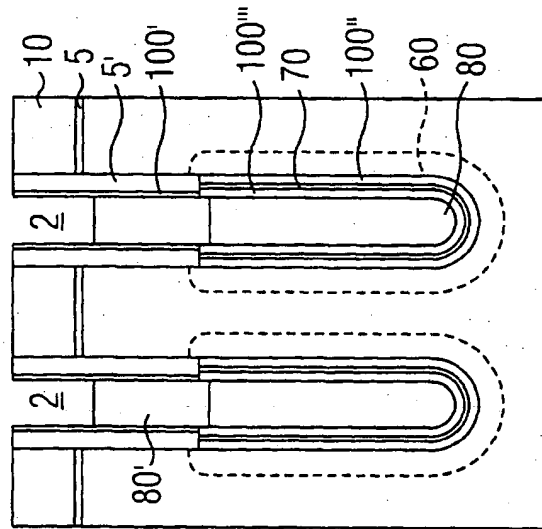


FIG 8b

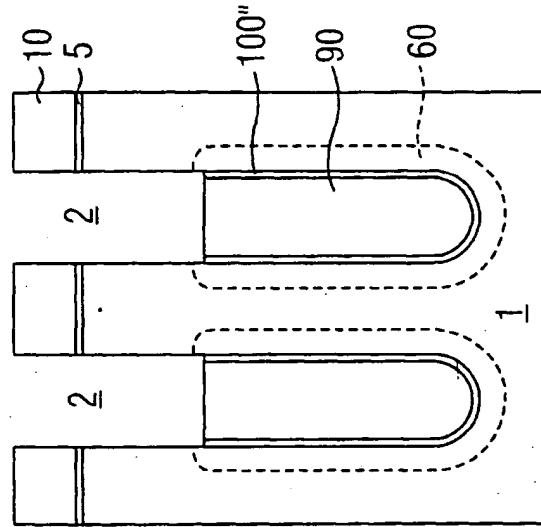


FIG 8a

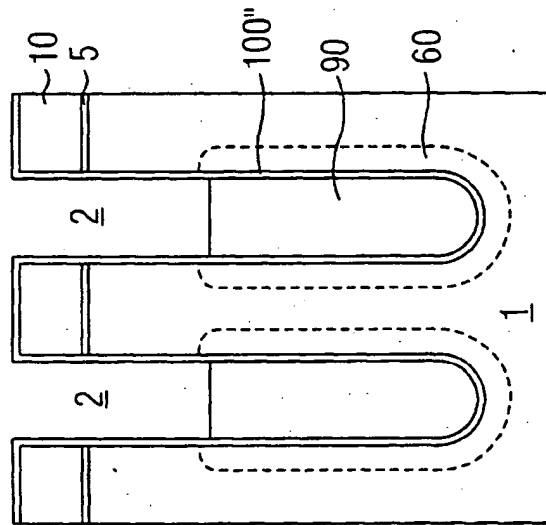


FIG 8d

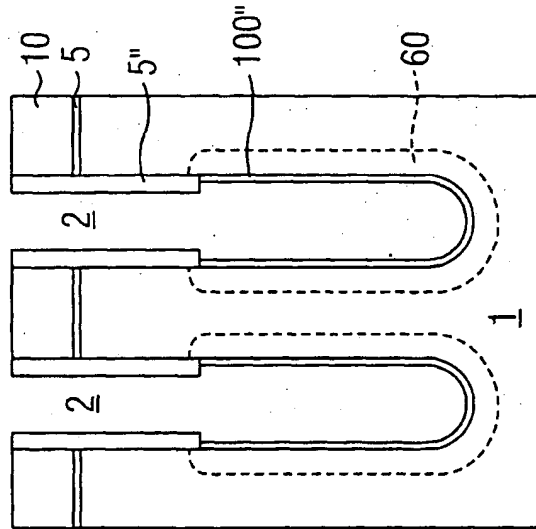


FIG 8c

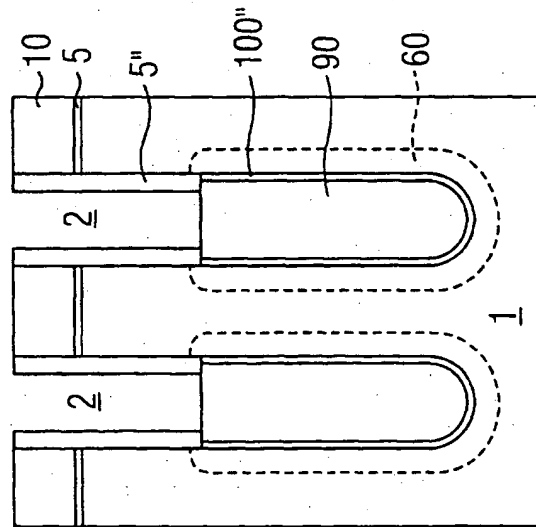


FIG 8g

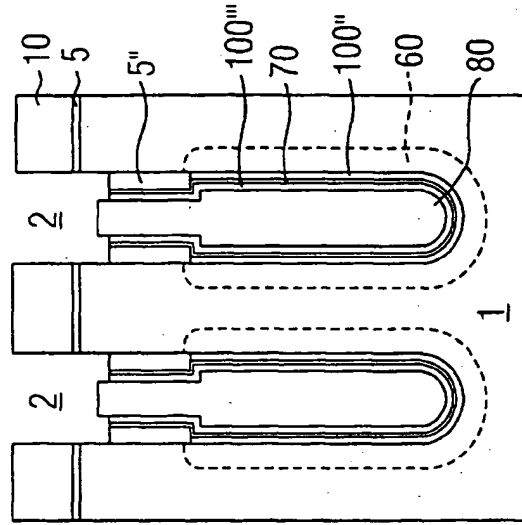


FIG 8f

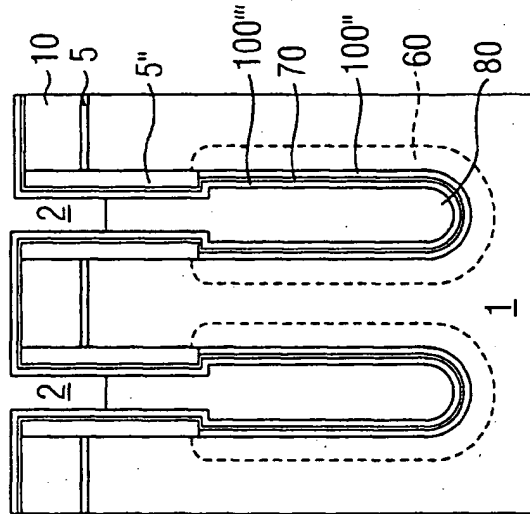


FIG 8e

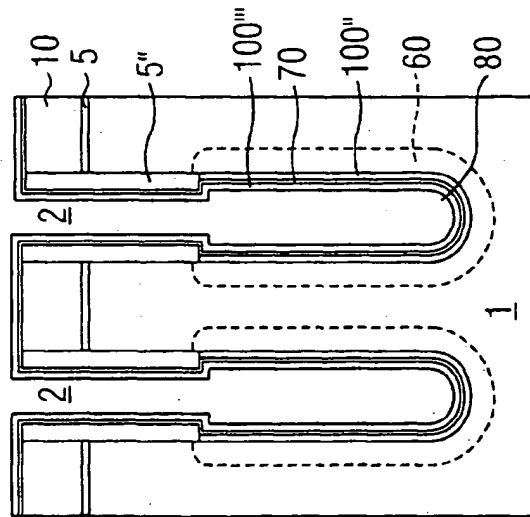


FIG 9a

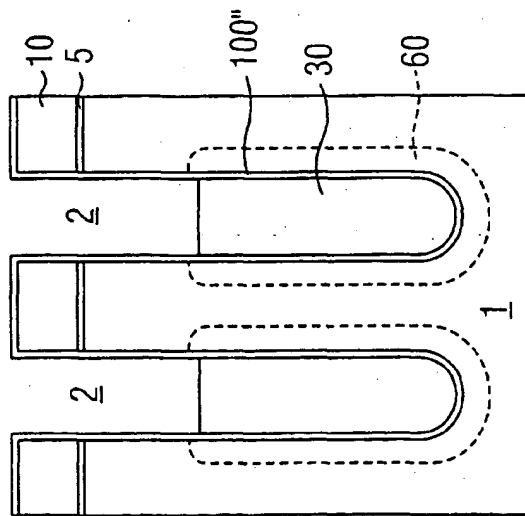


FIG 9b

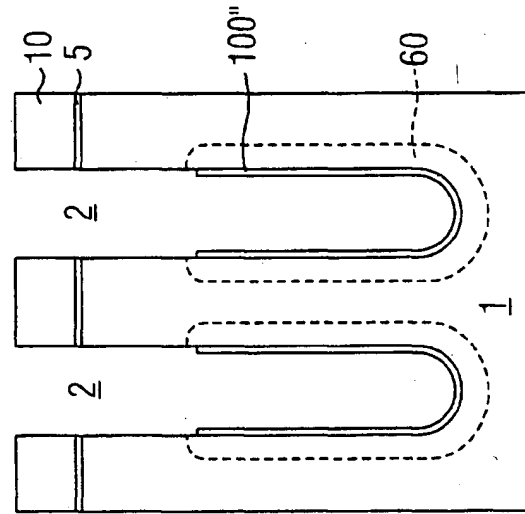


FIG 9c

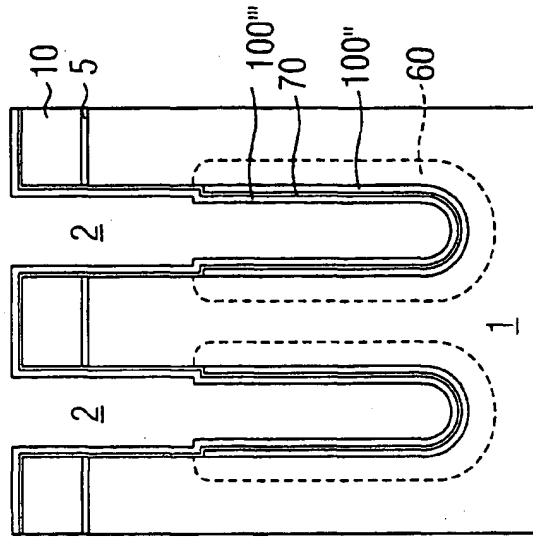


FIG 9f

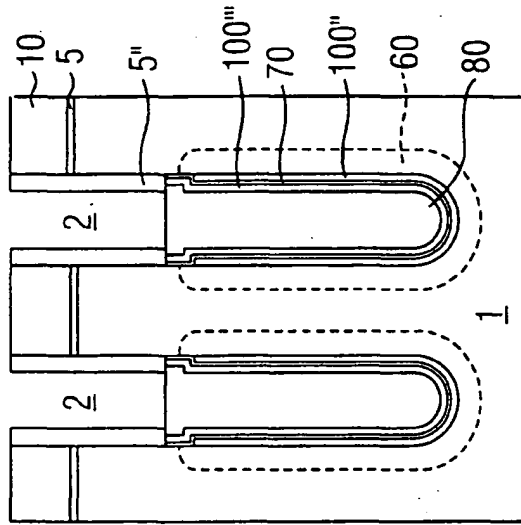


FIG 9e

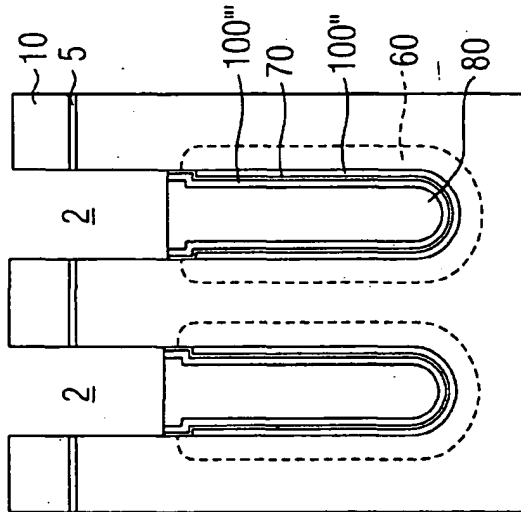


FIG 9d

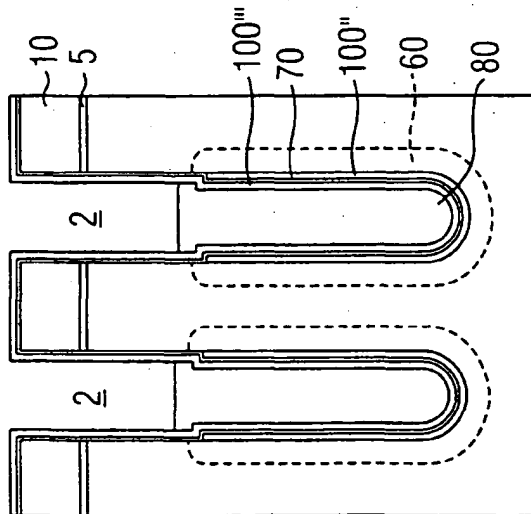


FIG 9h

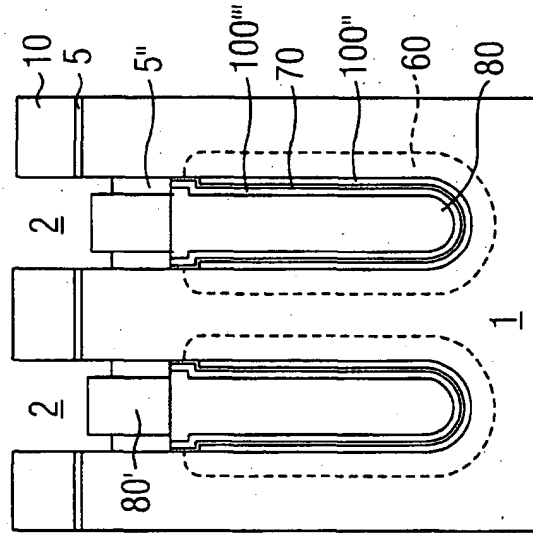


FIG 9g

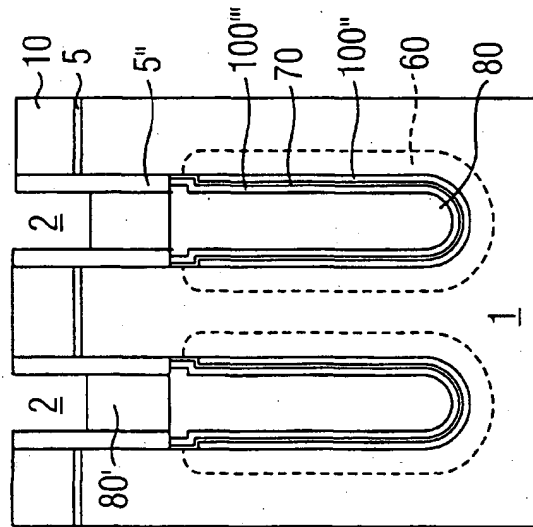




FIG 10b

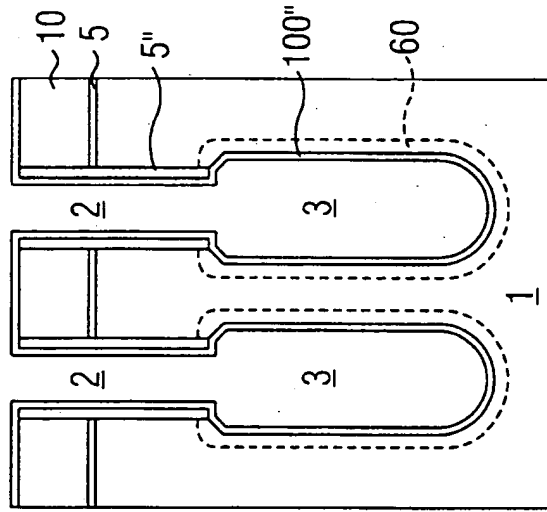


FIG 10a

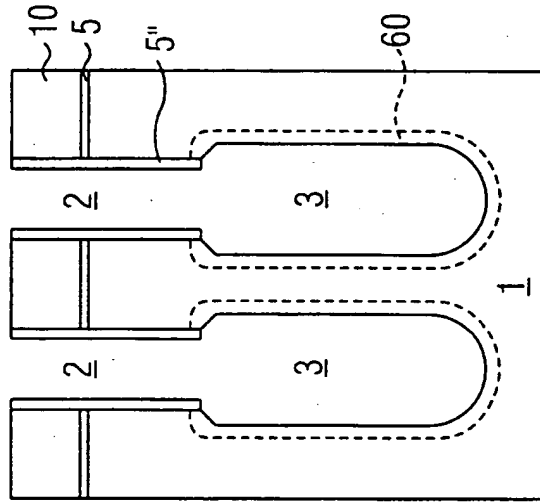


FIG 10c

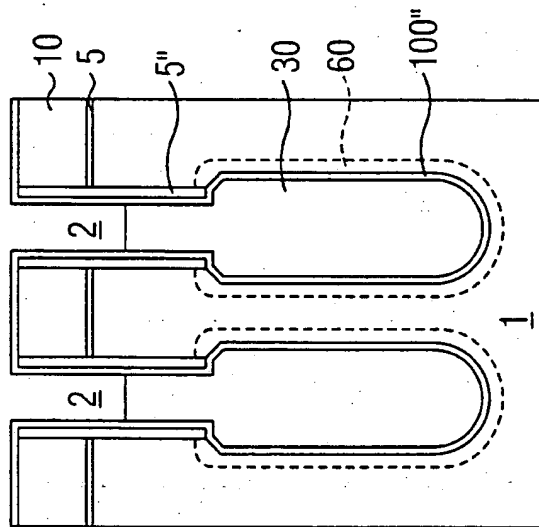


FIG 10d

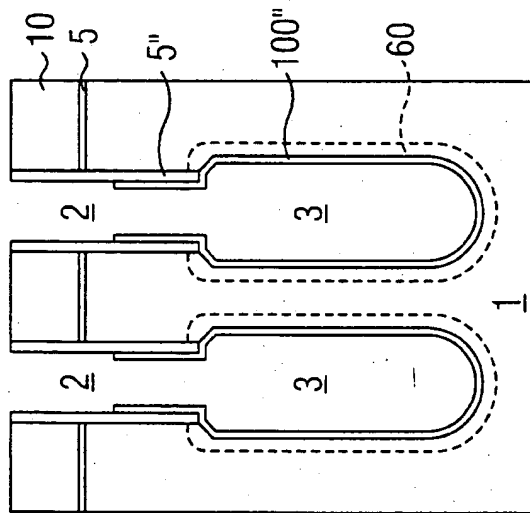


FIG 10g

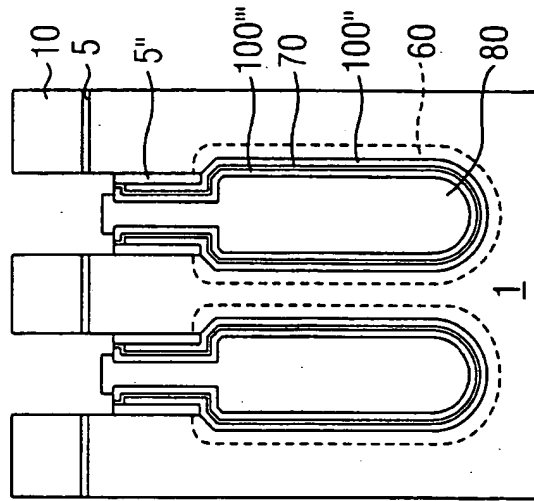


FIG 10f

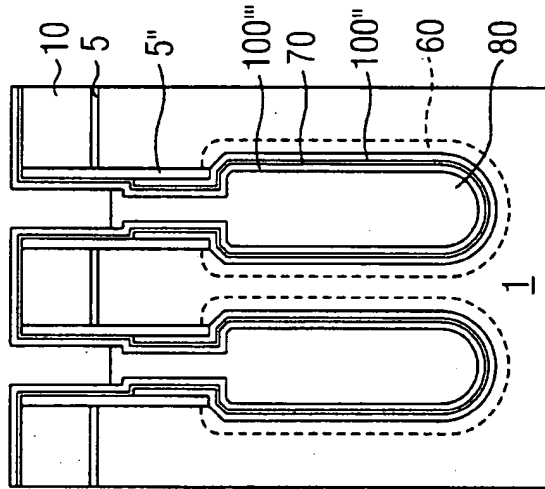


FIG 10e

